

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Plano Diretor de Iluminação Pública (PDIP)
Uma Arquitetura do Iluminar

Coralie Alves

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Dr. António Carlos Sepúlveda Machado e Moura
Coorientador: Eng. Norberto Ribeiro

22 de janeiro de 2018

Resumo

O contexto de crise económica que se vive atualmente, levanta questões acerca do consumo excessivo e interrogação sobre o cenário de má gestão dos recursos energéticos do planeta.

São necessárias ações de sensibilização no sentido de promover um pensamento de sustentabilidade energética. É de notar o aumento constante do consumo energético ao longo dos últimos anos, estando ainda prevista subida ainda mais acentuada para os próximos anos.

Este consumo energético acarreta ainda vários problemas de poluição ambiental, sendo imprescindível criar e adotar soluções energeticamente viáveis do contexto económico e ambiental.

Também na iluminação e, em particular, na iluminação pública, é necessária a implementação de novas tecnologias e projetos que promovam a eficiência energética.

Graças aos avanços da tecnologia e dos equipamentos é possível uma melhor gestão destes consumos, com o desenvolvimento de documentos de referência como o Plano Diretor de Iluminação Pública, é possível normalizar e gerir a iluminação pública instalada de modo mais eficiente e prever a eficiência energética em projetos futuros. O presente documento tem como objetivo a elaboração de um Plano Diretor de Iluminação Pública, com aplicação na área do Polo Universitário da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e pretende sensibilizar para a importância deste tipo de documento enquanto instrumento que viabiliza um desenvolvimento coerente da infraestrutura de iluminação pública, tanto num contexto urbano e económico, como num contexto ambiental e de valorização de espaços e monumentos. Será ainda apresentada uma proposta de projeto de Requalificação da Iluminação dos seus espaços exteriores, em obediência ao Plano anteriormente proposto.

Página em branco

Abstract

The current economic crises which we are subject to, raises questions over excessive energetic consumption and to the poor management of the energy resources that the planet has.

It is crucial to take actions of awareness of the population to create an energy sustainability way of thinking. It is easy to notice the constant increase of the energy consumption over the last years, and it is predicted that these numbers will keep growing.

The energy consumption brings serious problems of environmental pollution, being extremely important to create and adopt solutions that are energetically viable in an economic and environmental context.

In lighting it is also necessary to implement new technologies and projects that promote energy efficiency.

Thanks to the advances of technology and equipment's it is possible to achieve a better management of theses consumptions and with the development of documents such as the Public Lighting Director Plan it is possible to manage the public lighting installed in a more efficient way and predict the energy efficiency of future investments. The purpose of the present document is to elaborate a Public Lighting Director Plan, with application on the Engineering Faculty of the University of Porto and intents to sensitize to the importance of this type of document as an instrument that enables a coherent development of the public lighting infrastructure, both in an urban and economic context, but also in an environmental context and appreciation of public spaces and monuments.

To add to this document, it will be proposed a lighting requalification project, for the exterior spaces of the faculty, respecting the director plan previously elaborated.

Página em branco

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Doutor. António Machado e Moura por me ter dado a oportunidade de trabalhar num projeto “diferente” e explorar uma nova paixão.

Ao meu coorientador Eng. Norberto Ribeiro, responsável pela proposta deste projeto, por ser o meu guia em todo este projeto, com o seu profissionalismo e experiência e por o considerar o meu mentor nesta jornada.

À Schröder Iluminação, SA e especialmente ao Eng. Nuno Marques, pela simpatia e disponibilidade que me prestaram, o meu muito obrigada.

Ao Eng. Carlos Martins, por me disponibilizar as plantas necessárias e indispensáveis ao meu trabalho.

A toda a minha família, à minha mãe, ao meu pai e à minha irmã, por sempre me apoiarem neste percurso académico, sem eles, chegar a esta meta seria impossível.

Ao Pedro Magalhães, minha companhia nos meus passeios pela faculdade e ao João Sousa, melhor colega de casa que alguém pode ter

Um abraço especial a todos os meus amigos, por estarem sempre disponíveis para mim e para os meus devaneios.

A todos os que referi e a todos os que de alguma forma tornaram esta tese possível, gostaria de expressar o meu mais profundo carinho, muito obrigada a todos.

Página em branco

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xii
Lista de tabelas	xvii
Abreviaturas e Símbolos	xx
Capítulo 1	22
Introdução.....	22
1.1 - Enquadramento	22
1.2 - Objetivos	23
1.3 - Organização e estrutura	23
Capítulo 2	24
Sistemas de Iluminação	24
2.1 - Conceitos Luminotécnicos	24
2.1.1 - Grandezas Luminotécnicas	24
2.1.1.1 - Fluxo Luminoso	24
2.1.1.2 - Intensidade Luminosa.....	25
2.1.1.3 - Iluminação ou Iluminância	26
2.1.1.3.1 - Iluminância Horizontal	27
2.1.1.3.2 - Iluminância Hemisférica.....	27
2.1.1.3.3 - Iluminância Semicilíndrica	27
2.1.1.3.4 - Iluminância Vertical.....	28
2.1.1.3.5 - Iluminância Média	28
2.1.1.3.6 - Iluminância Mínima.....	28
2.1.1.4 - Luminância ou Brilho	29
2.1.1.4.1 - Luminância Média	29
2.2 - Propriedades Óticas da Matéria	29
2.2.1 - Reflexão especular	30
2.2.2 - Reflexão Composta	30
2.2.3 - Reflexão Difusa.....	31
2.2.4 - Reflexão Mista	31
2.3 - Visão	32
2.3.1 - Acuidade Visual	32
2.3.2 - Curva de Sensibilidade do Olho	33
2.4 - Componentes da Iluminação Pública	34
2.4.1 - Conceito de Luminária	34
2.4.3 - Rácio de Saída do Fluxo - Light Output Ratio (LOR).....	34
2.4.4 - Características das Lâmpadas	35
2.4.4.1 - Rendimento Luminoso	36
2.4.4.2 - Temperatura de Cor.....	36
2.4.4.3 - Restituição de Cor	37

2.4.4.4	- Luminância.....	37
2.4.4.5	- Duração Média de Vida	38
2.4.5-	Tipos de Lâmpada.....	38
2.4.5.1	- Lâmpadas de Descarga.....	38
2.4.5.2	- Lâmpadas de Vapor de Mercúrio	39
2.4.5.3	- Lâmpadas de Sódio de Alta Pressão	40
2.4.5.4	- Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão	41
2.4.5.5	- Lâmpada de Vapor de Mercúrio de Iodetos Metálicos	41
2.4.5.6	- Lâmpadas LED	42
2.4.6-	Balastros	43
2.4.6.1	- Balastros Eletromagnéticos	43
2.4.6.2	- Balastros Eletrônicos	44
2.4.7-	Driver de LED's	45
Capítulo 3		46
Normas de IP/Documento de Referência		46
3.1	- Critérios a considerar na realização de projetos de IP	48
3.2	- Otimização	48
3.3	- Enquadramento com Projetos de Infraestrutura Pública	49
3.4	- Uniformidade de Iluminação	49
3.5	- Nível de Iluminação.....	49
3.6	- Encadeamento Incomodativo	50
3.7	- Encadeamento Perturbador (TI)	50
3.8	- Fator de Manutenção	51
3.8.1-	Fator de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada	52
3.8.2-	Fator de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada	52
3.8.3-	Fator de Manutenção da Luminária	52
3.9	- Rácio Envoltivo (SR - Surround Ratio)	53
3.10	- Classes de Iluminação	54
3.10.1	- Classe ME	56
3.10.2	- Classe CE	58
3.10.3	- Classe S	62
3.10.4	- Classe A	64
3.10.5	- Classe ES	64
3.10.6	- Classe EV	65
3.10	- Plano Diretor de Iluminação	66
Capítulo 4		68
Plano Diretor de Iluminação Pública		68
4.1	- Área de Intervenção	69
4.2	- Diagnóstico da Infraestrutura IP existente	69
4.3	- Balanço Energético	76
4.4	- Tipificação - Áreas Homogêneas de Intervenção	77
4.5	- Identificação de Zonas de Conflito	79
4.6	- Mapeamento de Classes de Iluminação	80
4.7	- Mapeamento de Temperaturas de Cor	84
4.8	- Propostas de Perfis Luminotécnicos	85
4.9	- Iluminação Pública, Critérios de Projeto/Intervenção	86
4.10	- Iluminação Arquitetural, Critérios de Projeto/Intervenção	87
4.11	- Gestão de Manutenção e Níveis de Serviço.....	88
4.12	- Plano de Gestão Energética	88
Capítulo 5		89
Projeto de Iluminação Pública		89
5.1	- Iluminação Funcional.....	89
5.1.1	- Parques de Estacionamento	89
5.1.1.1	- Parques de Estacionamento de visitas	90
5.1.1.2	- Parques de Estacionamento do INESC	93

5.1.1.3 - Parques de Estacionamento dos Alunos	94
5.1.2 - Arruamento Circundante	96
5.2 - Iluminação Interior	98
5.2.1 - Parques dos Departamentos	99
5.2.2 - Zona da Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto (FCNAUP)	101
5.2.3 - Área da Biblioteca/Bar	103
5.2.4 - Zona da Cafeteria e Caminho Pedestre	106
5.2.5 - Fachada do Bloco B	109
5.2.6 - Entrada da FEUP	110
5.3 - Projeto de Iluminação Funcional e Interior Final	114
5.3.1 - Balanço Energético	116
5.3.2 - Estimativa Orçamental	117
5.4 - Iluminação de Caráter Opcional	117
5.4.1 - Iluminação Arquitetural	117
5.4.1.1 - Entrada da FEUP	118
5.4.1.1.1 - Balanço Energético	120
5.4.1.1.2 - Estimativa Orçamental	121
5.4.1.2 - Cisterna e Muro Antigo	121
5.4.1.2.1 - Balanço Energético	123
5.4.1.2.2 - Estimativa Orçamental	123
5.4.1.3 - Parede com geometrias em destaque	123
5.4.1.3.1 - Balanço Energético	125
5.4.1.3.2 - Estimativa Orçamental	126
5.4.1.4 - Parede com decalque	126
5.4.1.4.1 - Balanço energético	128
5.4.1.4.2 - Estimativa Orçamental	128
5.4.2 - Outras Áreas de Interesse	128
5.4.2.1 - Bar da Biblioteca	128
5.4.2.1.1 - Balanço Energético	130
5.4.2.1.2 - Estimativa Orçamental	130
5.4.2.2 - Percorso de Manutenção	130
5.4.2.2.1 - Balanço Energético	133
5.4.2.2.2 - Estimativa Orçamental	133
5.5 - Balanço Energético Final	133
5.6 - Estimativa Orçamental Final	134
Capítulo 6	136
Conclusão e Trabalhos Futuros	136
6.1 - Trabalhos Futuros	137
Referências	138
Anexos	139
Anexo A:	139
Anexo B:	140
Anexo C:	141
Anexo D:	141
Anexo E:	143
Anexo F:	145
Anexo G:	146
Anexo H:	147
Anexo I:	148

Lista de figuras

Figura 2.1 - Fluxo Luminoso emitido por uma fonte luminosa [3]	25
Figura 2.2 - Representação do ângulo Sólido [3]	25
Figura 2.3 - Representação da intensidade luminosa [3]	26
Figura 2.4 - Iluminância sobre uma superfície [3]	27
Figura 2.5 - Ângulos Usados no cálculo da iluminância semicilíndrica [8]	28
Figura 2.6 - Ângulos usados no cálculo da iluminância vertical [8]	28
Figura 2.7 - Representação da iluminância [3]	29
Figura 2.8 - Reflexão especular [3]	30
Figura 2.9 - Reflexão composta [3]	31
Figura 2.10 - Reflexão difusa [3]	31
Figura 2.11 - Reflexão mista [3]	32
Figura 2.12 - Representação da acuidade visual [5]	32
Figura 2.13 - Sensibilidade relativa da visão fotópica e escotópica [5]	33
Figura 2.14 - Representação do DLOR e ULOR [2]	35
Figura 2.15 - Representação da lâmpada de vapor de mercúrio [7]	39
Figura 2.16 - Representação da lâmpada de vapor de sódio [7]	40
Figura 2.17 - Lâmpada de tecnologia LED [6]	43
Figura 2.18 - Balastro eletromagnético [4]	44
Figura 2.19 - Balastro eletrônico [4]	45
Figura 3.1 - Representação de via funcional e área total [2]	48
Figura 3.2 - Encadeamento incomodativo [2]	51
Figura 3.3 - Decréscimo do valor da iluminância da instalação ao longo do tempo [2]	51
Figura 3.4 - Evolução do fluxo luminoso ao longo do tempo [2]	52
Figura 3.5 - População de lâmpadas ao longo do tempo [2]	52
Figura 3.6 - Evolução do LOR ao longo do tempo [2]	53
Figura 3.7 - Representação de uma via de circulação de veículos [2]	53

Figura 3.8 - Via de circulação com faixas de 5m [2]	54
Figura 3.9 - Via de circulação com faixas com metade da largura da estrada [2]	54
Figura 3.10 - Largura da faixa exterior ao imite da estrada que não esteja obstruída [2]	54
Figura 3.11 - Exemplo da mudança de índice de classe de iluminação, numa área de conflito (rotunda), quando o critério usado é a luminância [8]	60
Figura 4.1 - Área de Intervenção.....	69
Figura 4.2 - Candeeiro Tipo Bola.....	72
Figura 4.3 - Projetor Bega.....	72
Figura 4.4 - Candeeiros Passagens Cobertas	72
Figura 4.5 - Candeeiros Exporlux Passagens Cobertas.....	72
Figura 4.6 - Projetor de Teto Bega	73
Figura 4.7 - Projetor de encastrar no teto	73
Figura 4.8 - Projetor de Solo (fluorescente)	73
Figura 4.9 - Projetor de solo (iodetos metálicos)	73
Figura 4.10 - Candeeiros LED (parques principais)	74
Figura 4.11 Candeeiros LED (consola mural)	74
Figura 4.12 - Legenda das luminárias existentes e respetivas características	75
Figura 4.13 - Planta com instalações e equipamentos existentes.....	75
Figura 4.15 - Planta das instalações e equipamentos existentes.....	76
Figura 4.14 - Legenda das luminárias existentes e respetivas características	76
Figura 4.16 - Divisão da planta em áreas homogéneas de intervenção	77
Figura 4.17 - Entrada da FEUP.....	78
Figura 4.18 - Parede com decalque.....	79
Figura 4.19 - Parede com geometrias em destaque	79
Figura 4.20 - Cisterna e muro antigo com jardim	79
Figura 4.21 - Zonas de conflito existentes	80
Figura 4.22 - Representação das diferentes classes de iluminação	81
Figura 4.23 - Mapeamento das temperaturas de cor	85
Figura 5.1 - Exemplo do encadeamento incomodativo presente no parque principal	90
Figura 5.2 - Exemplo de Encadeamento incomodativo no parque do INESC.....	90

Figura 5.3 - Parque de visitas.....	91
Figura 5.4 - Parque de visitas.....	91
Figura 5.5 - Representação da instalação proposta	92
Figura 5.6 - Luminária "Piano" e respetivas características	92
Figura 5.7 - Representação da proposta de instalação.....	93
Figura 5.8 - Luminária "Piano" e respetivas características	94
Figura 5.9 - Representação de proposta de instalação.....	95
Figura 5.10 - Luminária "Voltana" e respetivas características	95
Figura 5.11 - Representação da instalação proposta	96
Figura 5.12 - Representação da instalação proposta	97
Figura 5.13 - Representação da instalação proposta	97
Figura 5.14 - Luminária "Piano" e respetivas características.....	98
Figura 5.15 - Luminária "NEOS" e respetivas características	99
Figura 5.16 - Luminárias LED instaladas nos parques dos departamentos	100
Figura 5.17 - Exemplo do encadeamento incomodativo presente nos parques dos departamentos.....	100
Figura 5.18 - Representação da instalação proposta	100
Figura 5.19 - Luminária "NEOS" e respetivas características	101
Figura 5.20 - Representação da instalação proposta	102
Figura 5.21 - Luminária "NEOS" e respetivas características	102
Figura 5.22 - Representação da instalação proposta	104
Figura 5.23 - Luminária "NEOS" e respetivas características	105
Figura 5.24 - Luminária 55823 K3 e respetivas características	105
Figura 5.25 - Luminária 24208 K4 e respetivas características	106
Figura 5.26 - Representação da instalação proposta	107
Figura 5.27 - Luminária "NEOS" e respetivas características	107
Figura 5.28 - Luminária "Citrine" e respetivas características	108
Figura 5.29 - Luminária "Ponto" e respetivas características	108
Figura 5.30 - Luminária 24208 K4 e respetivas características	108
Figura 5.31 - Representação da instalação proposta	109

Figura 5.32 - Luminária 24208 K4 e respetivas características	110
Figura 5.33 - Luminária Terra MIDI LED e respetivas características	110
Figura 5.34 - Representação da instalação proposta	111
Figura 5.35 - Luminária 24208 K4 e respetivas características	112
Figura 5.36 - Luminária 33054 K4 e respetivas características	112
Figura 5.37 - Luminária ILUMup e respetivas características	113
Figura 5.38 - Representação do Projeto Final	114
Figura 5.39 - Legenda das luminárias constituintes no projeto e respetivas características de instalação	114
Figura 5.40 - Representação da instalação do projeto final	115
Figura 5.41 - Legenda das luminárias instaladas e respetivas características de instalação ..	115
Figura 5.42 - Representação da instalação proposta	118
Figura 5.43 - Resultado previsto da instalação	119
Figura 5.44 - Luminária ILUMup e respetivas características	120
Figura 5.45 - Representação esquemática da instalação	122
Figura 5.46 - Representação da proposta de instalação	124
Figura 5.47 - Resultado esperado da instalação	125
Figura 5.49 - Luminária "NEOS" e respetivas características	125
Figura 5.50 - Representação da instalação	127
Figura 5.50 - Luminária "Terra MIDI LED" e respetivas características	127
Figura 5.51 - Representação da instalação proposta	129
Figura 5.52 - Resultado esperado de instalação	129
Figura 5.53 - Luminária "Ponto" e respetivas características.....	130
Figura 5.54 - Início do percurso de manutenção	131
Figura 5.55 - Percurso de manutenção.....	131
Figura 5.56 - Representação da instalação proposta	132
Figura 5.57 - Luminária "Ponto" e respetivas características.....	132
Figura 0.1 - Estudo de luz do parque de estacionamento de visitas.....	140
Figura 0.2 - Estudo de luz do Parque do INESC	141
Figura 0.3 - Estudo de luz do parque dos alunos	141

Figura 0.4 - Estudo de luz do arruamento circundante	143
Figura 0.5 - Estudo de luz dos parques dos departamentos	144
Figura 0.6 - Instalação de iluminação existente.....	145
Figura 0.7 - Instalação de iluminação pública existente.....	146
Figura 0.8 - Proposta de instalação.....	147
Figura 0.9 - Proposta de instalação de iluminação	148

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Temperaturas de cor, sigla e tonalidade correspondente [2].....	36
Tabela 2.2 - Temperaturas de cor e respetiva tonalidade e aparência [2].....	36
Tabela 2.3 - Exemplos de índice de temperatura de cor	37
Tabela 3.1 - Classificação energética das instalações de iluminação pública [2]	47
Tabela 3.2 - Correspondência entre a classificação e a eficiência energética [2]	47
Tabela 3.3 - Quadro simplificado das classes de iluminação distribuídas pelas três categorias de estrada definidas para Portugal [8]	55
Tabela 3.4 - Parâmetros para iluminação para cada situação típica [8].....	56
Tabela 3.5 - Método para a determinação da Classe ME [8]	57
Tabela 3.6 - Parâmetros da classe de iluminação ME na norma EN 13201-2:2003 [8]	58
Tabela 3.7 - Classe da área de conflito correspondente à classe de estrada adjacente, quando a luminância é o critério usado [8].....	59
Tabela 3.8 - Método para a seleção das classes de iluminação CE [8]	61
Tabela 3.9 - Parâmetros da classe de iluminação CE na norma EN 13201-2:2003 [8]	62
Tabela 3.10 - Classes ME e CE com um nível de iluminação comparável [8]	62
Tabela 3.11 - Método para a seleção da classe de iluminação S [8]	63
Tabela 3.12 - Parâmetros da Classe de Iluminação S da norma EN 13201-2:2003 [8]	64
Tabela 3.13 - Parâmetros da Classe A da norma EN 13201-2:2003 [8]	64
Tabela 3.14 - Parâmetros da classe de iluminação ES da norma 13201-2:2003 [8]	65
Tabela 3.15 -Parâmetros da classe de iluminação EV na norma EN 13201-2:2003 [8].....	65
Tabela 3.16 - Correspondência do nível de iluminação das diversas classes [8]	66
Tabela 4.1 - Cadastro das luminárias existentes nas instalações da FEUP	71
Tabela 4.2 - Balanço energético da instalação existente.....	77
Tabela 4.3 - Correspondência de cores das áreas homogêneas	77
Tabela 4.4 - Pontos de interesse arquitetural	78
Tabela 4.5 - Correspondência entre a cor e a classe atribuída.....	81

Tabela 4.6 - Método de seleção da classe de iluminação ME3a	82
Tabela 4.7 - Características iluminação da classe ME3a	83
Tabela 4.8 - Método de seleção da classe de iluminação S4	83
Tabela 4.9 - Características de iluminação da classe S4.....	84
Tabela 4.10 - Temperatura de cor e correspondente justificação.....	85
Tabela 5.1 - Legenda das luminárias propostas e caraterísticas correspondentes	92
Tabela 5.2 - Características de iluminação obtidas	93
Tabela 5.3 - Simbologia e características correspondentes	93
Tabela 5.4 - Características de iluminação obtidas através do estudo de luz	94
Tabela 5.5 - Simbologia e respetiva luminária com as suas características	95
Tabela 5.6 - Resultados obtidos através do estudo de luz	96
Tabela 5.7 - Simbologia e características da luminária	96
Tabela 5.8 - Simbologia das luminárias escolhidas e respetivas características de instalação.....	97
Tabela 5.9 - Simbologia da luminária escolhida e características da sua instalação	98
Tabela 5.10 - Características de iluminação obtidas no estudo de luz realizado	98
Tabela 5.11 - Simbologia das luminárias instaladas e respetivas características de instalação.....	100
Tabela 5.12 - Características de iluminação obtidas no estudo de luz.....	101
Tabela 5.13 - Simbologia da luminária escolhida e respetivas características de instalação .	102
Tabela 5.14 - Simbologia da luminária e respetivas características de instalação.....	104
Tabela 5.15 - Simbologia de luminárias e características de instalação	107
Tabela 5.16 - Simbologia da luminária e respetivas características de instalação.....	109
Tabela 5.17 - Simbologia das luminárias e respetivas características de instalação	111
Tabela 5.18 - Cadastro final	115
Tabela 5.19 - Balanço Energético	116
Tabela 5.20 - Estimativa Orçamental	117
Tabela 5.21 - Simbologia da luminária escolhida e respetivas características de instalação .	118
Tabela 5.22 - Cadastro da Instalação	120
Tabela 5.23 - Balanço energético da instalação	121
Tabela 5.24 - Estimativa orçamental da instalação	121

Tabela 5.25 - Simbologia das luminárias e características da instalação	122
Tabela 5.26 - Cadastro da Instalação	123
Tabela 5.27 - Balanço energético da instalação	123
Tabela 5.28 - Estimativa orçamental da instalação	123
Tabela 5.29 - Simbologia e características da instalação	124
Tabela 5.30 - Cadastro da instalação	125
Tabela 5.31 - Balanço energético da instalação	126
Tabela 5.32 - Estimativa orçamental da instalação	126
Tabela 5.33 - Simbologia e características da instalação	127
Tabela 5.34 - Cadastro da instalação.....	128
Tabela 5.35 - Balanço energético da instalação.....	128
Tabela 5.36 - Estimativa orçamental da instalação	128
Tabela 5.37 - Simbologia de instalação e respetivas características	129
Tabela 5.38 - Cadastro da instalação	130
Tabela 5.39 - Balanço energético da instalação.....	130
Tabela 5.40 - Estimativa orçamental da instalação	130
Tabela 5.41 - Simbologia da instalação e respetivas características	132
Tabela 5.42 - Cadastro da instalação proposta.....	133
Tabela 5.43 - Balanço Energético da instalação.....	133
Tabela 5.44 - Estimativa orçamental da instalação proposta.....	133
Tabela 5.45 - Cadastro Final do Projeto	133
Tabela 5.46 - Balanço Energético Final	134
Tabela 5.47 - Estimativa Orçamental do projeto final	134

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

IP	Iluminação Pública
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
PDIP	Plano Diretor de Iluminação Pública

Lista de símbolos

ω	Ângulo sólido
α	Ângulo
Q	Quantidade de luz
F	Fluxo luminoso
t	Intervalo de tempo
S	Área de superfície
r	Raio da esfera
E	Iluminância
I	Intensidade luminosa
H	Altura a que se encontra a luminária, em metros.
Φ	Fluxo luminoso inicial da(s) lâmpada(s) da luminária
MF	Produto do fator LLMF com o fator LMF
Sa	Área de superfície aparente
P	Potência total das luminárias mais auxiliares
\bar{L}	Luminância média da estrada
L_v	Luminância encandeante equivalente
E_k	Iluminância produzida pela luminária k, num plano normal à linha de visão e à altura do olho do observador.
θ_k	Ângulo, em graus, do arco entre a linha de visão e a linha desde o observador ao centro da luminária k.
G	Índice de deslumbramento incomodativo
IEL	Índice específico da luminária
VRI	Valor real da instalação
E _{min}	Iluminância mínima
E _{avg}	Iluminância média

t_f	Tempo de funcionamento anual da IP (h)
t_r	Tempo de funcionamento anual em regime reduzido (h)
$r\%$	Percentagem de redução da potência consumida em regime reduzido
ε	Índice de eficiência energética das instalações de iluminação pública

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Enquadramento

O contexto energético português atual é caracterizado por uma forte dependência externa de combustíveis fósseis, um pouco à semelhança do resto do mundo, o que acarreta preocupações ambientais, procurando-se acima de tudo reduzir as emissões de CO₂. Torna-se então imperativo procurar soluções de modo a responder a estas preocupações, minimizando a fatura energética e incentivando o investimento em energias alternativas. Neste sentido é fundamental desenvolver uma política energética no nosso país, associada o seu crescimento económico.

Ao longo dos últimos anos, os Governos têm criado incentivos ao consumo de energias renováveis, como alternativa aos combustíveis fósseis, tendo definido diretrizes para o setor energético, no sentido de não só reduzir as emissões de CO₂, mas também aumentar a qualidade dos serviços energéticos e promover a concorrência, estas linhas estratégicas estão descritas na Estratégia Nacional para a Energia (Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de Abril de 2010, que substitui a anterior Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de Outubro) [1].

De destacar ainda o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) que estabelece uma meta de redução de emissão de gases de efeito de estufa em 20% até 2020, aumentar em igual percentagem a proporção de fontes de energia renováveis no balanço energético da União Europeia (EU) e ainda o objetivo de alcançar os 20% de eficiência energética. [2] Este plano estabelece metas anuais com vista a alcançar os objetivos propostos até 2020.

Também nestes objetivos se enquadra uma correta gestão de energia e eficiência nas instalações de iluminação pública, sendo obrigatória a elaboração de Planos Diretores de Iluminação Pública por todas as câmaras municipais portuguesas.

1.2 - Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo criar um documento que defina normas e diretrizes para a iluminação pública da FEUP, denominado Plano Diretor de Iluminação Pública (PDIP), com o enquadramento previsto no documento de referência Manual de Iluminação Pública, mais recentemente publicado em outubro de 2010, pela EDP - Distribuição. O principal objetivo será sensibilizar para a necessidade deste tipo de documento no que diz respeito à gestão da iluminação pública e o protocolo a seguir nas intervenções futuras.

O PDIP será elaborado tendo em vista a promoção de uma iluminação eficiente que trará benefícios na fatura energética da faculdade e, conseqüentemente, no meio ambiente e na qualidade de vida no “campus”, tudo isto aliado a uma ambição de valorização do espaço e arquitetura presentes.

Para finalizar, pretende-se elaborar uma proposta de projeto que respeite o PDIP elaborado.

1.3 - Organização e estrutura

Foi considerado para a totalidade deste projeto a presença de seis capítulos, sendo este um breve capítulo de enquadramento ao tema.

O segundo capítulo aborda os fundamentos teóricos necessários ao estudo de qualquer tipo de instalação ou projeto de iluminação, são também tratados os diferentes tipos de lâmpadas utilizadas em iluminação pública e os diferentes conceitos de luminotecnia.

O terceiro capítulo apresenta a norma de iluminação pública adotada pelo nosso país e pela comunidade europeia, definindo as diferentes classes de iluminação e os seus requisitos.

O quarto capítulo expõe o Plano Diretor de Iluminação Pública realizado para a Faculdade de Engenharia.

O quinto capítulo apresenta o projeto elaborado para a requalificação da iluminação pública da FEUP, dividida em iluminação funcional, interior e arquitetural, sendo apresentados os balanços energéticos e orçamentos correspondentes e todas as plantas construídas.

No capítulo final incluem-se as conclusões e algumas recomendações a desenvolver no horizonte futuro.

Capítulo 2

Sistemas de Iluminação

Os sistemas de iluminação devem ser projetados tendo sempre em conta o seu objetivo no espaço ou área que se pretende iluminar. A iluminação é um fator essencial para o desempenho do ser humano no seu dia-a-dia e deve contribuir não só para o seu bem-estar físico ao permitir a correta visualização de objetos e espaços, mas também o seu bem-estar psicológico, criando ambientes apropriados às diferentes tarefas que desempenha. Um sistema de iluminação deve então ser projetado de acordo com alguns parâmetros que definem uma iluminação adequada e de qualidade, de acordo com as diferentes atividades a desenvolver.

2.1 - Conceitos Luminotécnicos

2.1.1 - Grandezas Luminotécnicas

Em luminotecnia consideram-se basicamente 4 grandezas:

- fluxo luminoso;
- intensidade luminosa;
- iluminação ou iluminância;
- luminância;

Em relação a esta última grandeza, as fontes luminosas designam-se por fontes primárias e os corpos iluminados por fontes secundárias. [3]

2.1.1.1 - Fluxo Luminoso

É a quantidade total de luz emitida, por segundo, por uma fonte de luz. Os fabricantes indicam, para cada tipo de lâmpada, o fluxo luminoso emitido, sendo esta uma das suas principais características. [4]

A unidade do fluxo luminoso é o lúmen (lm) e o seu símbolo é ϕ . A figura seguinte demonstra como é que uma fonte luminosa emite fluxo luminoso.

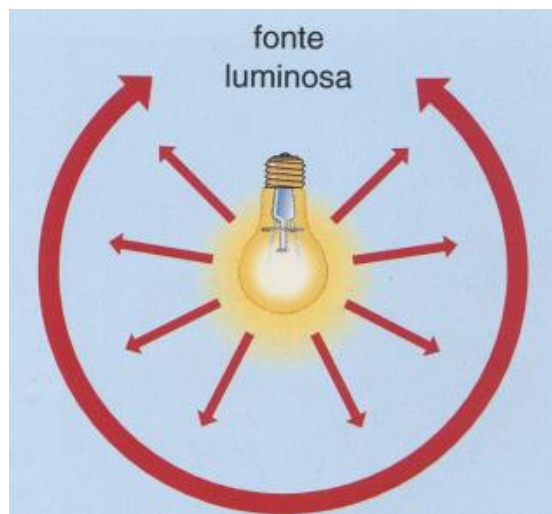


Figura 2.1 - Fluxo Luminoso emitido por uma fonte luminosa [3]

Através do fluxo luminoso é possível realizar o cálculo da quantidade de luz emitida pela fonte durante um determinado espaço de tempo. [3]

$$Q = \phi * t \quad (2.1)$$

Em que:

- Q é a quantidade de luz (lm.s);
- ϕ é o fluxo luminoso (lm);
- t é o intervalo de tempo (s).

2.1.1.2 - Intensidade Luminosa

Fluxo luminoso compreendido na unidade de ângulo sólido no qual é emitido, pressupondo-se que a fonte luminosa é pontual. [3]

O ângulo sólido (ω) é o quociente entre a superfície abraçada sobre uma esfera com centro no vértice do ângulo e o quadrado do raio dessa esfera:

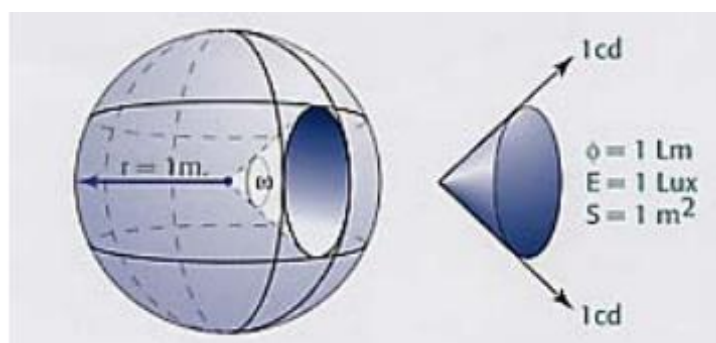


Figura 2.2 - Representação do ângulo Sólido [3]

O ângulo sólido é então dado por:

$$\omega = \frac{S}{r^2} \quad (2.2)$$

Em que:

- ω é o ângulo sólido em esterradiano (sr);
- S é a área da superfície da esfera (m²);
- r é o raio da esfera (m).

A unidade da intensidade luminosa é a candela (cd) e é calculada através da seguinte equação:

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad (2.3)$$

Em que:

- I é a intensidade luminosa em cd;
- ϕ é o fluxo luminoso (lm);
- ω é o ângulo sólido em esterradiano (sr).

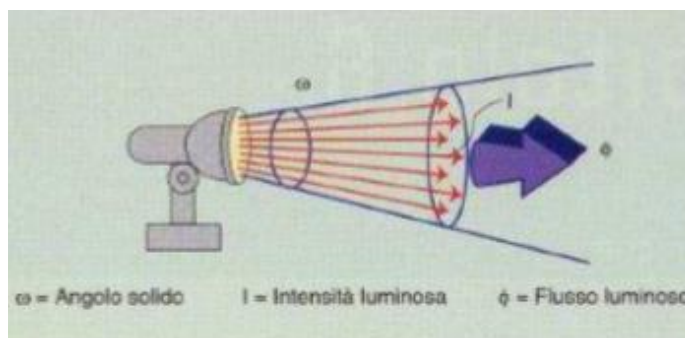


Figura 2.3 - Representação da intensidade luminosa [3]

2.1.1.3 - Iluminação ou Iluminância

É o fluxo luminoso, ϕ , recebido por unidade de área, S , suposta uniformemente iluminada, a sua unidade é o *lux* e o seu símbolo E . [4]

$$E = \frac{\phi}{S} \quad (2.4)$$

Em que:

- E é a iluminância em lux;
- ϕ é o fluxo luminoso (lm);
- S é a área da superfície iluminada em m².

A iluminância tem uma grande importância para o projeto luminotécnico, pois a caracterização das necessidades de iluminação dos locais, é feita com base em valores recomendados de iluminância, para os mesmos, conforme a sua função/utilização. [4]



Figura 2.4 - Iluminância sobre uma superfície [3]

2.1.1.3.1 - Iluminância Horizontal

Os pontos de cálculo devem estar localizados num plano ao nível do chão na área de interesse. Para cada ponto, a iluminância horizontal é calculada pela seguinte fórmula: [8]

$$E = \frac{I \times \cos^3(\epsilon) \times \Phi \times MF}{H^2} \quad (2.5)$$

Em que:

- E - Iluminância horizontal num ponto, em lux;
- I - Intensidade luminosa na direção do ponto, em candelas (cd), normalizada por kilo lúmen (klm);
- ϵ - Ângulo de incidência da luz no ponto, em graus,
- H - Altura a que se encontra a luminária, em metros;
- Φ - Fluxo luminoso inicial da(s) lâmpada(s) da luminária, em klm;
- MF - Produto do fator de manutenção do fluxo da lâmpada (LLMF) com o fator de manutenção da luminária (LMF).

2.1.1.3.2 - Iluminância Hemisférica

Os pontos de cálculo são novamente localizados num plano ao nível do chão, na área de interesse. Para o cálculo da iluminância hemisférica num determinado ponto, recorre-se à seguinte equação: [8]

$$E = \frac{I \times [\cos^3(\epsilon) + \cos^3(\epsilon)] \times \Phi \times MF}{4 \times H^2} \quad (2.6)$$

2.1.1.3.3 - Iluminância Semicilíndrica

Os pontos de cálculo devem estar localizados num plano a 1,5 metros acima da superfície da área de interesse. Para cada ponto, a iluminância semicilíndrica é calculada pela seguinte fórmula: [8]

$$E = \frac{I \times [1 + \cos \alpha] \times \cos^3(\epsilon) \times \sin \epsilon \times \Phi \times MF}{\pi \times (H - 1.5)^2} \quad (2.7)$$

α - Ângulo entre o plano vertical que contém o caminho do raio incidente, com o plano vertical em ângulos retos à superfície rebatida do semicilindro (Figura 2.10).

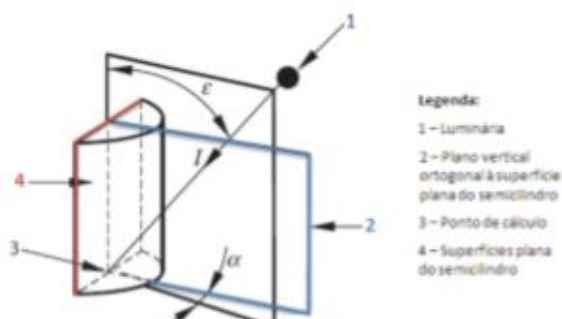


Figura 2.5 - Ângulos Usados no cálculo da iluminância semicilíndrica [8]

2.1.1.3.4 - Iluminância Vertical

Os pontos de cálculo devem igualmente estar localizados num plano a 1,5 metros acima da superfície da área de interesse. Para cada ponto, a iluminância vertical é calculada pela seguinte fórmula: [8]

$$E = \frac{I \times \cos(\varepsilon) + \cos^3(\varepsilon) \times \sin(\varepsilon) \times \phi \times MF}{(H-1.5)^2} \quad (2.8)$$

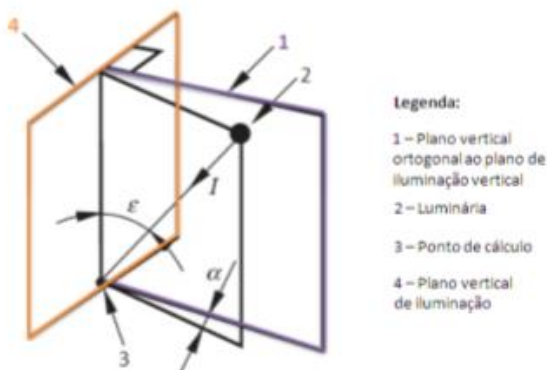


Figura 2.6 - Ângulos usados no cálculo da iluminância vertical [8]

2.1.1.3.5 - Iluminância Média

Média aritmética de todos os pontos de iluminância calculados sobre a superfície da área considerada, a unidade utilizada é o lux. [2]

2.1.1.3.6 - Iluminância Mínima

É o valor mínimo de iluminância calculado sobre a superfície da área a considerar, a unidade é o lux. [2]

2.1.1.4 - Luminância ou Brilho

É a sensação de claridade ou brilho que o olho recebe de uma superfície, e está diretamente ligada à intensidade luminosa que atinge essa superfície e ao seu fator de reflexão. [4]

A luminância é o quociente entre a intensidade I emitida por uma fonte luminosa ou por uma superfície refletora e a sua área aparente. [3]

A unidade de luminância é o cd/m^2 e o seu valor é obtido pela seguinte expressão:

$$L = \frac{I}{S_a} \quad (2.9)$$

Em que:

- L é a luminância em cd/m^2 ;
- S_a é a área da superfície aparente.

A área aparente é a área projetada num plano perpendicular à direção de observação. [3]

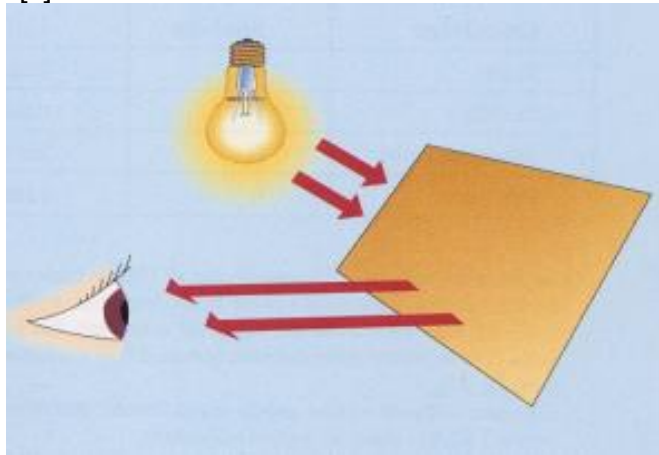


Figura 2.7 - Representação da iluminância [3]

A luminância é uma grandeza fundamental para a visão, dado que é a luminância dos objetos que nos dá a sensação visual. [3]

2.1.1.4.1 - Luminância Média

Média aritmética de todos os pontos de luminância calculados sobre a superfície da via. A unidade é cd/m^2 . [2]

2.2 - Propriedades Óticas da Matéria

A propriedade ótica dos materiais que mais deve ser considerada aquando da realização de projetos de iluminação é a reflexão da luz nas diferentes superfícies e materiais.

A reflexão é a relação entre o fluxo refletido por um corpo e o fluxo recebido, a unidade utilizada é o %.

O fenómeno de reflexão de luz pode ser dividido em 4 tipos diferentes:

- Reflexão especular;
- Reflexão composta;
- Reflexão Difusa;
- Reflexão Mista.

2.2.1 - Reflexão especular

Na reflexão regular ou especular o ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência.

Têm este tipo de reflexão as superfícies polidas ou espelhadas. [3]

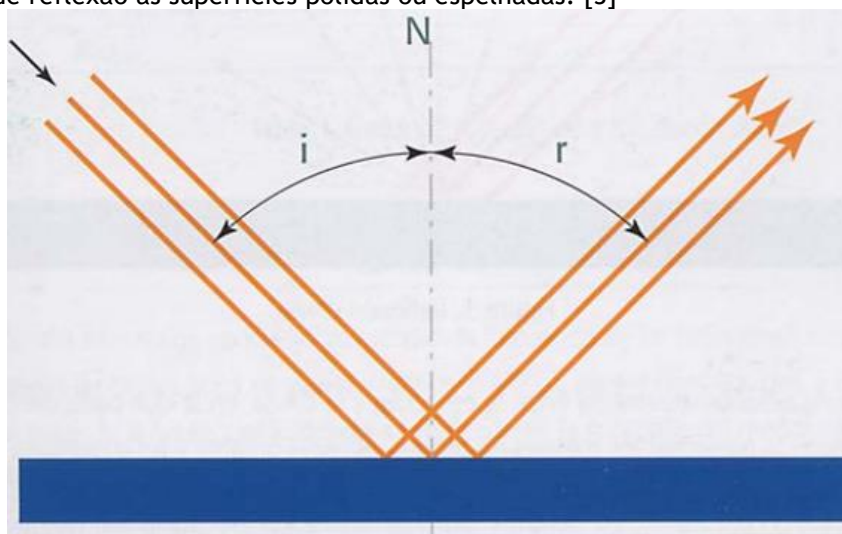


Figura 2.8 - Reflexão especular [3]

Em que:

- i representa o ângulo incidente;
- r representa o ângulo refletido.

2.2.2 - Reflexão Composta

Ao contrário do que acontece com a reflexão especular neste caso o ângulo refletido não é igual ao ângulo incidente, com exceção do ângulo de intensidade máxima refletida. Este tipo de reflexão ocorre em superfícies irregulares ou rugosas [3].

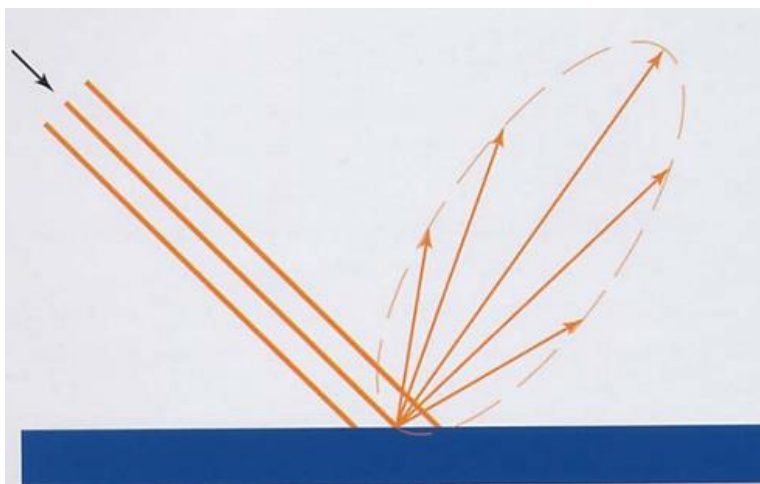


Figura 2.9 - Reflexão composta [3]

2.2.3 - Reflexão Difusa

Prodiz-se quando a luz que incide sobre uma superfície é refletida em todas as direções, com um máximo perpendicular à superfície.

Este tipo de reflexão produz-se em superfícies como o papel branco mate, os revestimentos de paredes e tetos, etc. [3]

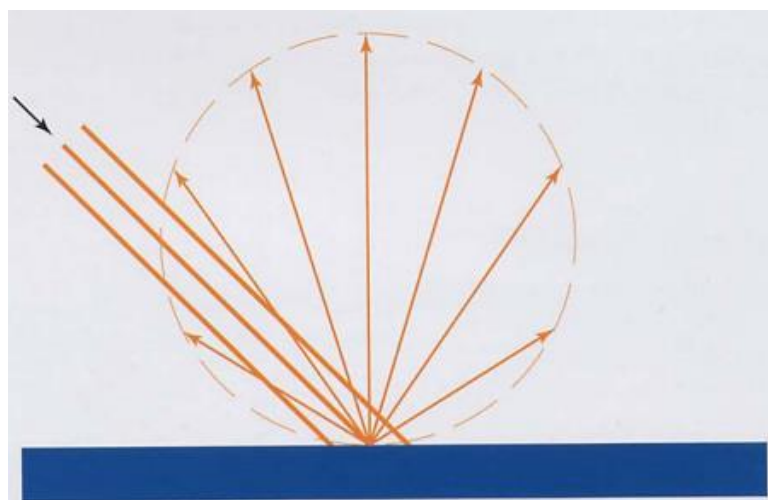


Figura 2.10 - Reflexão difusa [3]

2.2.4 - Reflexão Mista

É uma reflexão intermédia entre a reflexão especular e a difusa em que parte do feixe incidente se reflete e outra parte se difunde. Este tipo de reflexão é a que apresentam os metais não polidos, o papel brilhante e as superfícies envernizadas. [3]

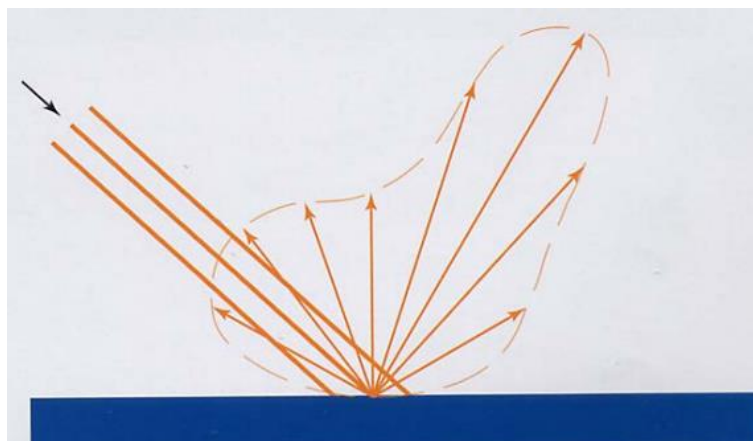


Figura 2.11 - Reflexão mista [3]

2.3 - Visão

2.3.1 - Acuidade Visual

A acuidade visual relaciona-se com a capacidade de resolução espacial de dois pontos e depende da densidade dos recetores na retina e do poder de refração do sistema das lentes óticas. Por outras palavras a acuidade visual é a capacidade que o olho tem de reconhecer separadamente, com nitidez e precisão, objetos muito pequenos e próximos entre si. As distâncias na retina são referidas em termos de ângulo visual (θ). Assim, dizemos que a capacidade do olho em distinguir dois pontos está associada a um certo valor de ângulo visual.

Quantitativamente, podemos dizer que a acuidade visual é o inverso do ângulo mínimo sob o qual os olhos conseguem distinguir um pormenor [2].

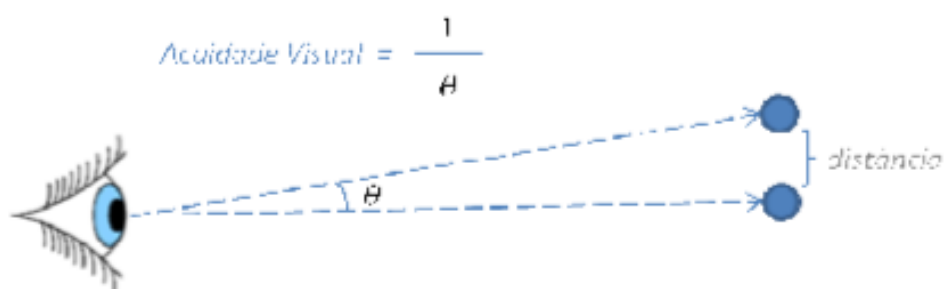


Figura 2.12 - Representação da acuidade visual [5]

Existem vários fatores que irão influenciar a acuidade visual, tais como [2]:

- Adaptação - capacidade que o olho humano possui para se ajustar a diferentes níveis de intensidade luminosa, mediante os quais a pupila irá dilatar ou contrair;
- Acomodação - é o ajustamento das lentes do cristalino do olho de modo a que a imagem esteja permanentemente focada na retina;
- Contraste - é a diferença de luminância entre um objeto que se observa e o seu espaço envolvente;

- Idade - A capacidade visual de uma pessoa diminui com a idade, uma vez que, com o passar dos anos o cristalino endurece perdendo a sua elasticidade, o que torna mais complicada a tarefa de focalização das imagens dos objetos.

2.3.2 - Curva de Sensibilidade do Olho

Define a sensibilidade do olho ao longo do dia. A curva define desde as condições de boa iluminação ($> 3 \text{ cd/m}^2$) que ocorrem durante o período diurno, onde a visão é mais nítida, detalhada e as cores se distinguem perfeitamente, (denominada de visão fotópica, atingindo um valor máximo aos 555nm - amarelo-esverdeado). Quando os níveis de luminância são inferiores a $0,25 \text{ cd/m}^2$, a sensação de cor não existe e a visão é mais sensível aos tons azuis e à luz (denominada de visão escotópica, com um valor máximo aos 493nm - azul-esverdeado).

Nas situações existentes entre estes valores, a capacidade para distinguir as cores diminui em conformidade com a diminuição da quantidade da luz, variando a sensibilidade aos tons amarelados para os tons azuis (denominada de visão mesópica). [2]

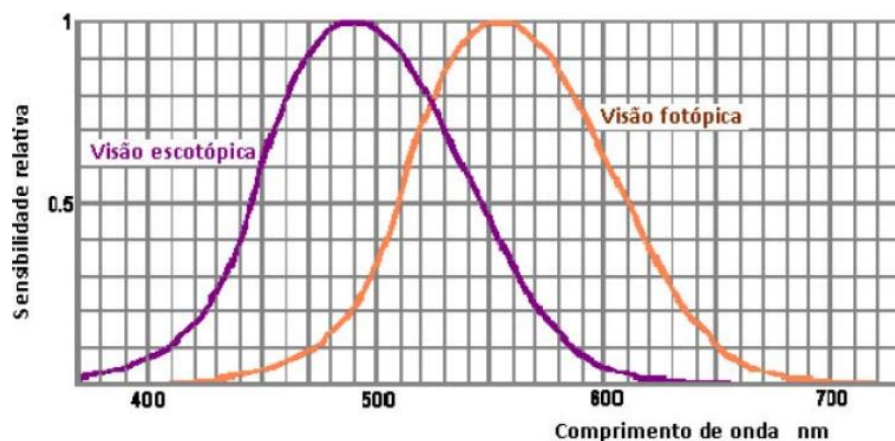


Figura 2.13 - Sensibilidade relativa da visão fotópica e escotópica [5]

- Visão fotópica: é a designação dada à sensibilidade do olho em condições de intensidade luminosa que permitam a distinção das cores. Na generalidade corresponde à visão diurna. No olho humano a visão fotópica faz-se principalmente pela ativação dos cones que se encontram na retina.
- Visão escotópica: é a visão produzida pelo olho em condições de baixa luminosidade. No olho humano os cones não funcionam em condições de baixa luminosidade (noturna), o que determina que a visão escotópica seja produzida exclusivamente pelos bastonetes, o que impossibilita a percepção das cores.
- Visão mesópica: é a designação dada à combinação da visão fotópica e da visão escotópica, que ocorre em situações de luminosidade baixa, mas não tão baixa que elimine de todo a componente fotópica da visão.

- Efeito de Purkinje: consiste no deslocamento do máximo de sensibilidade da visão em ser sensível às cores, para o máximo de sensibilidade à luz, com a diminuição da luz recebida pelo olho. [5]

2.4 - Componentes da Iluminação Pública

2.4.1 - Conceito de Luminária

A luminária é um aparelho de iluminação que serve para repartir, filtrar ou transformar a luz, emitida por uma ou várias lâmpadas. Compreende, para além das lâmpadas, todas as peças necessárias à fixação e proteção das mesmas, bem como um conjunto (dependente do tipo de lâmpada) de equipamentos acessórios necessários ao correto funcionamento da(s) lâmpada(s). [4]

No mercado atual, existem diversos modelos de luminárias, diferindo no tipo de lâmpada que usam, na maneira como distribuem a luz e no tipo de montagem.

A iluminação produzida por uma luminária pelo modo como esta a distribuiu: [2]

- Direta: mais de 90% da luz é distribuída para baixo (downlighting);
- Indireta: mais de 90 % da luz é distribuída para cima (uplighting);
- Semidireta: entre 60 a 90% da luz é distribuída para baixo e o restante para cima;
- Difusa: percentagens semelhantes de luz são distribuídas para cima e para baixo;
- Destaque: A direção e abertura de projeção são ajustadas para cada objetivo.

Uma das principais características das luminárias tida em conta pelos projetistas de iluminação aquando da realização de qualquer projeto luminotécnico é o seu índice de proteção, este que deve ser adequado ao local de instalação da luminária pretendido.

O índice de proteção (IP) indica a forma como a luminária está protegida contra os agentes externos, seja humidade, água, poeira ou forças. Este índice é expresso por dois algarismos, o primeiro indicativo do grau de proteção contra a penetração de corpos sólidos e o segundo o grau de proteção contra água.

2.4.3 - Rácio de Saída do Fluxo - Light Output Ratio (LOR)

O rácio de saída do fluxo luminoso (LOR) pode ser entendido como o quociente entre o fluxo luminoso (φ) total de uma luminária (medido em condições práticas específicas com as suas lâmpadas e equipamento auxiliar), e a soma dos fluxos luminosos individuais dessas mesmas lâmpadas, quando operadas fora da luminária com o mesmo equipamento auxiliar e condições práticas. [2]

$$LOR = \frac{\varphi_{\text{Saída da Luminária}}}{\sum \varphi_{\text{Fonte de luz individual}}} \quad (2.10)$$

Para a realização de um projeto de iluminação pública eficiente, convém conhecer-se dois conceitos derivados do LOR, ou seja: [2]

- Rácio de Saída do Fluxo Luminoso Ascendente - Upward Light Output Ratio (ULOR).
- Rácio de Saída do Fluxo Luminoso Descendente - Downward Light Output Ratio (DLOR).

O ULOR de uma luminária é o rácio entre o fluxo emitido para cima pela luminária, com a soma dos fluxos luminosos individuais dessas mesmas lâmpadas quando operadas fora da luminária.

O DLOR de uma luminária é o rácio entre o fluxo emitido para baixo pela luminária, com a soma dos fluxos luminosos individuais dessas mesmas lâmpadas quando operadas fora da luminária. [2]

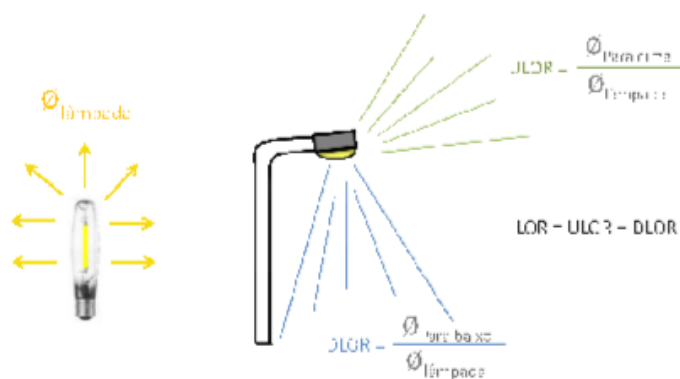


Figura 2.14 - Representação do DLOR e ULOR [2]

2.4.4- Características das Lâmpadas

Existem atualmente diversos tipos de lâmpadas no mercado que podem ser aplicados nas mais numerosas situações. Cada tipo de lâmpada apresenta características diferentes que devem ser levadas em conta no momento da sua escolha.

Os tipos de lâmpadas usados atualmente são numerosos e podem ser usados para diversos tipos de aplicação. No entanto cada tipo de lâmpadas possui características diferentes que devem ser tidas em conta para a sua escolha. As principais características luminotécnicas de uma lâmpada são:

- Rendimento luminoso;
- Temperatura de cor;
- Restituição de cor;
- Luminância;
- Duração de vida média.

2.4.4.1 - Rendimento Luminoso

Indica o quociente entre o fluxo luminoso emitido pela lâmpada e a potência eléctrica absorvida. Exprime-se em lm/W (lumen/Watt). O rendimento luminoso varia entre 8 lm/W no caso de algumas lâmpadas de incandescência e os cerca de 200 lm/W nas lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão. [6]

2.4.4.2 - Temperatura de Cor

Indica a cor aparente da luz emitida. Vem quantificada em [K] (graus Kelvin), ao aumentar a temperatura de cor, a cor da luz emitida passa de uma tonalidade quente a uma tonalidade mais fria (do avermelhado para o azulado). A tabela seguinte indica a classificação da tonalidade de cor da luz emitida por uma lâmpada: [6]

Tabela 2.1 - Temperaturas de cor, sigla e tonalidade correspondente [2]

Temperatura de Cor (K)	Classificação	Sigla	Tonalidade de cor emitida
< 3300	Quente	W	Branco quente
Entre 3300 e 5300	Intermédia	I	Branco neutro
>5300	Fria	C	Branco frio

Tabela 2.2 - Temperaturas de cor e respetiva tonalidade e aparência [2]

Temperatura de Cor	Tonalidade	Aparência
T < 3300	Quente (Branco Alaranjado)	
3300 < T < 5000	Intermédio (branco)	
T > 5000	Fria (Braco Azulado)	

2.4.4.3 - Restituição de Cor

Indica a capacidade de uma fonte luminosa restituir fielmente as cores de um objeto ou de uma superfície iluminada. É expressa por um índice chamado “índice de restituição de cores” (IRC). Este índice vem expresso por um número compreendido entre 0 e 100. [6]

Tabela 2.3 - Exemplos de índice de temperatura de cor

Qualidade Desejada	Valor Limite de IRC	Exemplos de Aplicação
A apreciação das cores tão exata quanto possível, é essencial.	IRC > 90	Controlo, seleção, exame,...
Excelente restituição de cores		Laboratórios Indústria Textil Tipografias Produtos Agrícolas
Restituição de cores de boa qualidade	IRC > 80	Escritórios, escolas
Necessidade de uma iluminação agradável		Estabelecimentos comerciais
Restituição de cores aceitável	IRC > 70	Escritórios, escolas, estabelecimentos comerciais
Restituição de cores medíocre, mas aceitável	60 < IRC < 70	Indústria: armazém, mecânica
Nenhuma exigência de restituição de cores	IRC < 60	Industria: fundições, armazéns de peças

De salientar que a temperatura de cor se refere apenas à cor da luz emitida e não a sua composição espectral, o que irá influenciar a capacidade de reproduzir a cor do objeto iluminado. Por isso se pode verificar o facto de lâmpadas que apresentem a mesma temperatura de cor poderem possuir índices de restituição de cor diferente.

2.4.4.4 - Luminância

Exprime a luminância ou brilho da fonte luminosa em função das suas dimensões:

$$L = \frac{I}{A} \quad (2.11)$$

Em que:

- I exprime a intensidade luminosa na direção dos olhos do observador;
- A área visível da fonte luminosa (vista do ponto de observação).

Uma fonte luminosa com uma pequena superfície emissora de luz deverá ter uma maior luminância do que uma fonte luminosa que tenha uma maior superfície emissora.

Se estiverem presentes fontes luminosas de elevada luminância no campo visual, aumenta o risco de cansaço visual e encandeamento. [6]

2.4.4.5 - Duração Média de Vida

Dada pelo fabricante, indica o número de horas após as quais 50% de um lote significativo de lâmpadas acesas deixa de emitir fluxo luminoso. [6]

Este valor é um dado aproximado, podendo ser afetado por diversos fatores, como o número de vezes que se liga e desliga, a tensão de funcionamento, a temperatura ambiente e a presença de vibrações.

2.4.5 - Tipos de Lâmpada

Desde o aparecimento das típicas e conhecidas lâmpadas incandescentes foram desenvolvidas diversas tecnologias para os sistemas de iluminação, com novos tipos de lâmpadas mais eficientes e com características luminotécnicas diferentes. Neste momento podemos agrupar os diferentes tipos de lâmpadas nas seguintes categorias:

- Lâmpadas Incandescentes
- Lâmpadas de Descarga
- Lâmpadas de Indução
- LED's

Sendo este trabalho orientado para a iluminação pública não serão tratados todos os tipos de lâmpadas, uma vez que apenas algumas são apropriadas para este tipo de iluminação. Serão analisadas algumas lâmpadas de descarga e também a tecnologia LED.

2.4.5.1 - Lâmpadas de Descarga

As lâmpadas de descarga são constituídas por um tubo onde se processa uma descarga entre elétrodos, numa atmosfera gasosa. O referido tubo é envolvido, exteriormente, por um outro tubo ou ampola de vidro.

Há duas grandes famílias de lâmpadas de descarga, conforme a gama de pressões a que está submetido o gás:

- Lâmpadas de descarga de alta pressão;

- Lâmpadas de descarga de baixa pressão.

Dentro de cada família, podemos ter, ainda, diversos tipos de lâmpadas, classificadas de acordo com a natureza do gás constituinte [4]:

Nas lâmpadas de descarga de alta pressão:

- Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão;
- Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão;
- Lâmpadas de iodetos metálicos (vapor de mercúrio com iodetos metálicos).

Nas Lâmpadas de descarga de baixa pressão:

- Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão;
- Lâmpadas fluorescentes normais (lineares ou tubulares)*;
- Lâmpadas fluorescentes compactas.

* O gás presente é o mercúrio (de baixa pressão)

2.4.5.2 - Lâmpadas de Vapor de Mercúrio

Este tipo de lâmpadas é constituído por dois eléctrodos principais e dois auxiliares, que se encontram dentro do tubo de descarga em que existe uma mistura de mercúrio sob alta pressão e árgon, este último de vaporização mais fácil o que facilita o arranque. Entre o tubo de descarga e a ampola exterior da lâmpada existe, normalmente, um gás inerte que permite a estabilidade térmica no interior da lâmpada. Alguns modelos têm também uma camada de pó fluorescente, adequados à produção de radiação vermelha, na parte interior do invólucro com o objetivo de transformar parte da radiação ultravioleta emitida em luz visível. Esta prática melhora significativamente o espectro da luz emitida, mas não se traduz numa grande melhoria do rendimento luminoso nem do índice de restituição cromática. [9]

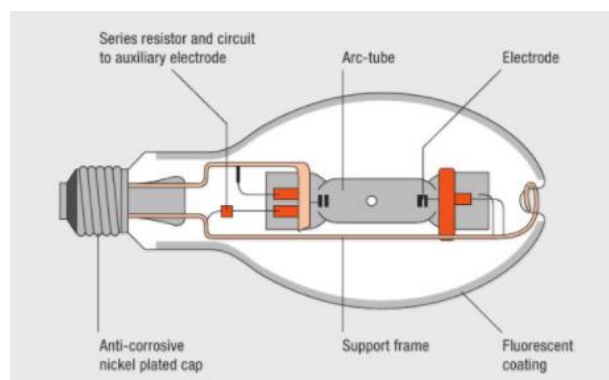


Figura 2.15 - Representação da lâmpada de vapor de mercúrio [7]

De entre as suas características é de salientar:

- Emitem luz de aparência branca-azulada.
- rendimento: 36 a 60 lm/W;

- índice de restituição de cores: 40 a 57;
- duração de vida média: 10 000 a 12 000 horas;
- tempo de arranque e de re-arranque: 4 e 6 minutos;
- necessitam de aparelhagem auxiliar: balastro e condensador;
- usadas em iluminação pública e em iluminação industrial;

2.4.5.3 - Lâmpadas de Sódio de Alta Pressão

Este tipo de lâmpadas é constituído essencialmente por dois elétrodos inseridos num tubo de descarga de óxido de alumínio sintetizado. Dentro do tubo de descarga existe sódio, mercúrio e também xénon, em menor quantidade, para facilitar o arranque. O tubo de descarga é normalmente inserido dentro de uma ampola de vidro em vácuo, que forma o invólucro exterior da lâmpada. [9]

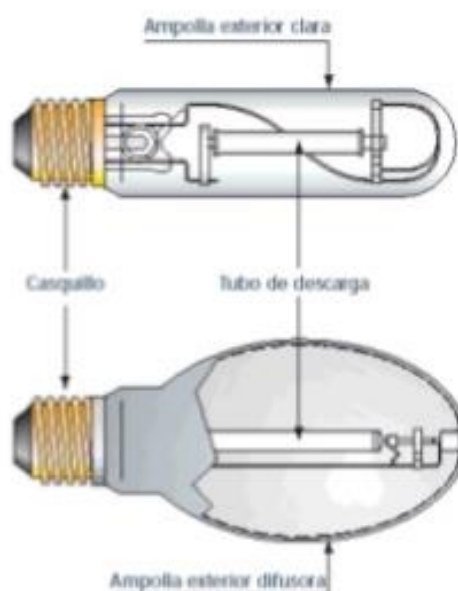


Figura 2.16 - Representação da lâmpada de vapor de sódio [7]

Entres as suas características salientam-se as seguintes:

- Emitem luz de aparência amarelo-alaranjada;
- rendimento: até 120 lm/W; -índice de restituição de cores: 25 a 60; vapor de sódio de luz branca: IRC = 80;
- temperatura de cor: 1900 a 2500 °K; -duração de vida média: 12 000 horas;
- tempo de arranque e de re-arranque: 5 minutos e 1 minuto;
- necessitam de aparelhagem auxiliar: balastro, ignitor e condensador;

- a iluminação com estas lâmpadas causa uma impressão mais agradável do que com as de vapor de mercúrio de alta pressão;
- preço mais elevado do que as de mercúrio, mas com maior rendimento luminoso;
- usadas em iluminação pública e em iluminação industrial.

2.4.5.4 - Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão

Este tipo de lâmpadas é composto por um tubo de descarga em vidro, em forma de “U” com um elétrodo em cada extremidade, desenhado para refletir a radiação infravermelha a fim de garantir uma temperatura suficientemente elevada para que seja possível a vaporização do sódio. Dentro do tubo de descarga existe sódio e um gás inerte que possibilita o arranque da lâmpada. O tubo de descarga encontra-se dentro de uma ampola de vidro que constitui o invólucro exterior da lâmpada. [9]

As características deste tipo de lâmpada são as seguintes:

- índice de restituição de cores: praticamente nula;
- temperatura de cor: 1700 °K;
- duração de vida média: 12 000 horas; -tempo de arranque e de re-arranque: 10 minutos e instantâneo;
- necessitam de aparelhagem auxiliar: balastro, ignitor (alguns tipos) e condensador;
- a luz emitida é monocromática amarela;
- devido ao seu carácter monocromático garantem uma elevada acuidade visual;
- usadas principalmente em iluminação pública e em iluminação de vigilância- [6]

2.4.5.5 - Lâmpada de Vapor de Mercúrio de Iodetos Metálicos

Este tipo de lâmpadas tem basicamente a mesma constituição que as lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, exceto na mistura de substâncias contida no tubo de descarga. Nas lâmpadas de iodetos metálicos são adicionadas ao mercúrio misturas com emissores iónicos ou com emissores moleculares, sendo que se obtêm uma emissão de luz com um espectro de riscas ou contínuo, respetivamente. Um exemplo de uma mistura utilizada com emissores iónicos é a composta por iodetos de sódio, tálio e índio. Uma mistura utilizada, com bons resultados, contendo emissores moleculares é conseguida pela junção de iodeto e cloreto de estanho. [9]

As suas principais características são:

- Emitem radiação nas três cores primárias: vermelho, verde e azul → bom IRC.
- rendimento: até 80 lm/W;
- índice de restituição de cores: 85 a 95; -temperatura de cor: 3000 a 7000 °K;
- duração de vida média: 3 000 a 9 000 horas;
- tempo de arranque e de re-arranque: 4 minutos e 10 minutos;

- necessitam de aparelhagem auxiliar: balastro, ignitor e condensador;
- usadas quando a restituição de cores tem uma importância primordial, em interiores e em exteriores;
- de emissores atômicos (iodetos de sódio, índio e tálio) → espectro de riscas;
- preço elevado. [6]

2.4.5.6 - Lâmpadas LED

Um LED é um díodo semiconductor, que emite luz por eletroluminescência. É normalmente uma fonte de luz com uma pequena área, à qual se adiciona normalmente uma lente para incrementar a luz emitida. A cor da luz emitida depende da composição do material semiconductor utilizado, e pode ser infravermelha, visível ou ultravioleta. Uma combinação de LEDs vermelhos, verdes e azuis pode produzir a impressão de luz branca, embora atualmente os LEDs brancos raramente utilizem este princípio. Se o material emissor de um LED for um composto orgânico, é conhecido como um OLED (Organic Light Emitting Diode). O melhor rendimento luminoso obtido com um OLED, até agora, é de cerca de 10% do máximo teórico de 683 para a luz branca, ou seja, cerca de 68 lm/W. [6]

Em relação às fontes de luz mais usuais os LEDs têm muitas vantagens: [6]

- os LEDs têm maior rendimento do que as lâmpadas de incandescência;
- podem emitir luz de uma determinada cor, sem o uso de filtros;
- um LED pode ser desenhado de modo a focar a luz emitida, sem o uso de reflectores externos;
- quando são usados com regulação de fluxo não modificam a tonalidade da cor da luz emitida, com a variação da corrente que os atravessa;
- são bastante robustos em comparação com os restantes tipos de lâmpadas;
- têm uma duração de vida útil bastante elevada: 35 000 a 50 000 horas, embora a duração de vida total seja superior;
- os LEDs atingem o seu fluxo nominal muito rapidamente (menos de 100 ns);
- os LEDs podem ter dimensões muito reduzidas;
- os LEDs não contêm mercúrio ao contrário de todos os tipos de lâmpadas de vapor de mercúrio; [6]



Figura 2.17 - Lâmpada de tecnologia LED [6]

2.4.6- Balastros

Os balastros são equipamentos necessários ao correto funcionamento das lâmpadas de descarga. A sua função passa por limitar a corrente de funcionamento, produzir a tensão de arranque adequada e realizar o pré-aquecimento dos elétrodos, o que irá facilitar a emissão de eletrões para dar início à descarga.

Os balastros podem ser de dois tipos:

- Eletromagnéticos;
- Eletrónicos.

2.4.6.1 - Balastros Eletromagnéticos

São equipamentos utilizados nas lâmpadas de descarga, com a função de limitarem a intensidade de corrente absorvida por aquelas. Basicamente, são bobinas de limitação de corrente, cujos valores de resistência e de indutância são tais que conferem ao dispositivo um fator de potência bastante baixo, tipicamente, entre 0,3 e 0,5. Por esta razão, é prática habitual efetuar a compensação do conjunto, por condensadores.

Há vários tipos de balastros magnéticos disponíveis. Os mais usuais são apropriados para o funcionamento com arrancadores, menos vulgares são os destinados ao funcionamento com lâmpadas de arranque rápido, com elétrodos pré-aquecidos e com circuito semiressonante. [4]

Estes balastros têm entrado em desuso, sendo mesmo proibidos em vários locais, isto devido à sua baixa eficiência que se traduz num elevado consumo energético. Estes, têm sido substituídos por balastros eletrónicos, apresentados no capítulo seguinte.



Figura 2.18 - Balastro eletromagnético [4]

2.4.6.2 - Balastros Eletrônicos

Os balastros eletrônicos são especialmente usados em lâmpadas fluorescentes normais. Eles oferecem várias vantagens face aos balastros magnéticos, de entre as quais podemos destacar as seguintes:

- Poupança de energia entre 20% e 30%;
- Ausência de cintilação durante o funcionamento, devido à alta frequência da operação (aproximadamente 30 kHz);
- Fluxo constante, independentemente da tensão de alimentação;
- Aumento do tempo de vida útil das lâmpadas (em cerca de 50%);
- Temperatura de funcionamento mais baixa;
- Fator de potência mais elevado (superior a 0,95), evitando o uso de condensadores.

Pela importância de que se reveste, a questão das perdas consentidas pelos diferentes tipos de balastros, motivou a classificação dos mesmos em seis classes de eficácia energética - A1, A2, A3, B1, B2, C - correspondendo a ordem indicada a um Índice de Eficácia Energética (IEE) decrescente da classe A1 para a classe C.

O Índice de Eficácia Energética é uma classificação referente ao valor da potência total, em Watts, do conjunto balastro/lâmpada de uma dada luminária.

As classes A1, A2 e A3, aplicam-se aos balastros eletrônicos, as classes B1 e B2, aplicam-se aos balastros magnéticos de perdas reduzidas e a classe C corresponde aos balastros magnéticos. [4]



Figura 2.19 - Balastro eletrônico [4]

2.4.7 - Driver de LED's

Para o seu funcionamento, os LEDs necessitam de uma tensão reduzida, sendo muito comuns as tensões de 10 V e de 24 V. Por esta razão, para serem alimentados a partir da rede, necessitam de transformador, este denominado de driver. Estes, normalmente, já fazem parte dos próprios aparelhos de iluminação, os quais, portanto, vêm referenciados para uma tensão estipulada de 230 V. Adicionalmente, alguns drivers permitem ainda efetuar o *dimming* nos LED's, controlar as comunicações e implementar inclusive capacidades de inteligência artificial. [4]

Capítulo 3

Normas de IP/Documento de Referência

As definições globalmente mais aceites ao nível das classes de iluminação, critérios de performance e métodos de medição, podem ser encontradas na série de normas EN 13201.

Neste capítulo vão ser definidos critérios para projeto, instalação e manutenção de redes de iluminação pública, tendo em vista as preocupações atuais em termos de proteção/segurança, utilização racional de energia, sustentabilidade ambiental, manutenção e custos do ciclo de vida, adotando as recomendações internacionais da CIE (Commission Internationale de L'Éclairage) e as melhores práticas, numa perspetiva técnico-económica. Em termos de manutenção será feita uma análise técnica da implementação de sistemas preditivos de manutenção, nomeadamente através de sistemas de controlo e supervisão. No final é apresentado um exemplo prático dos passos a efetuar na execução de projeto de IP de acordo com a norma EN 13201. [8]

Em consequência desta norma foi criado pelo Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento o Documento de Referência para a Eficiência Energética na Iluminação Pública. Neste documento são apontadas diversas definições e diretivas relacionadas com iluminação pública.

A IP nos últimos anos tem levantado o interesse de todas as entidades envolvidas, numa tentativa de dar resposta ao uso racional de energia.

Nesse alinhamento, os fabricantes continuam a desenvolver as suas tecnologias. Assim, apresenta-se de seguida uma tabela de referência que deverá servir de guia para a determinação da eficiência energética na iluminação pública.

Não obstante, a mesma poderá ter que ser revista para acompanhar as evoluções tecnológicas e as melhores práticas. [2]

Tabela 3.1 - Classificação energética das instalações de iluminação pública [2]

Classificação Energética das Instalações de Iluminação Pública	
Mais Eficiente	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
Menos Eficiente	
Instalação:	
Localidade/Rua:	
Horário de funcionamento:	
Consumo de energia anual (kWh/ano):	
Emissões de CO ₂ anual (Kg CO ₂ /ano):	
Índice de eficiência energética (ϵ):	
Nível de Iluminação média em serviço E_m (lux):	
Uniformidade (%):	
Temperatura de Cor (K):	
Opção por visão mesópica:	
Programação da RFL:	

Tabela 3.2 - Correspondência entre a classificação e a eficiência energética [2]

Classificação	Eficiência Energética
A	$\epsilon > 40$
B	$40 \geq \epsilon > 35$
C	$35 \geq \epsilon > 30$
D	$30 \geq \epsilon > 25$
E	$25 \geq \epsilon > 20$
F	$20 \geq \epsilon > 15$
G	$\epsilon \leq 15$

A eficiência energética de uma instalação de IP define-se como a relação entre o produto da superfície iluminada pela iluminação média em serviço da instalação e a potência total instalada:

$$\epsilon = S(m^2) \times \frac{E(lux)}{P(watt)} \quad (3.1)$$

Em que:

ϵ - Eficiência Energética da Instalação;

S - Área total resultante do produto do valor da interdistância entre pontos de luz e largura total da via e passeios, no caso do perímetro urbano, de fachada a fachada;

E - Nível médio de serviço calculado;

P - Potência total das luminárias mais auxiliares intervenientes na área calculada.

A figura seguinte representa a diferença entre uma via funcional e a área total:

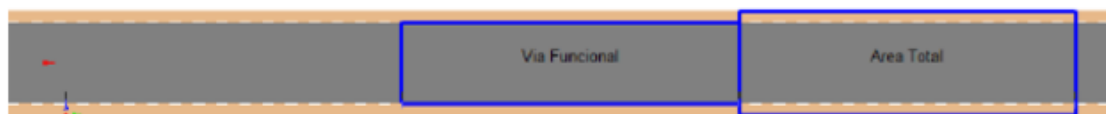


Figura 3.1 - Representação de via funcional e área total [2]

Não são referidas as luminâncias, por ser difícil determinar o tipo de piso e ser mais fácil a medição do nível luminoso para comprovação.

Para o grupo de iluminação decorativa e em zonas históricas, devido ao seu carácter subjetivo, muito orientado por conceitos, como humanização dos espaços, respeito pelos ecossistemas, ambiência, etc., os valores apresentados são valores recomendados e para estas zonas não se aplicará a classificação energética. [2]

3.1 - Critérios a considerar na realização de projetos de IP

Os principais objetivos de um sistema de IP são:

- Providenciar informação visual para uma fácil e segura circulação, quer dos peões quer dos condutores, nos espaços públicos de lazer, nas estradas e nas ruas;
- Segurança no que respeita à ordem pública e à mitigação de atividades ilícitas;
- Criação de ambientes agradáveis e acolhedores, por exemplo, em zonas comerciais, parques, jardins e centros históricos.

À luz destas premissas, são vários os critérios que poderão e deverão ser adotados na realização de um projeto de iluminação pública, nomeadamente critérios de qualidade de luz, de disposição e composição das estruturas das redes de IP e índices de eficiência energética de uma instalação. [8]

3.2 - Otimização

Há que ter em conta novas considerações de projeto e construção das redes de IP, como, por exemplo, uma potencial diminuição do número ou potência de fontes de luz a utilizar em novos projetos. Isto é conseguido otimizando o espaçamento, os esforços mecânicos, as características das fontes de luz e a altura dos postes.

Um outro aspeto positivo que resulta do aumento da altura dos postes é a diminuição do vandalismo, com a consequente redução dos custos de manutenção.

Os postes de iluminação são definidos nas séries da norma EN 40 e podem ter um tempo de vida superior a 50 anos.

Desta forma, poder-se-á obter um menor número de postes e luminárias, mantendo ou até mesmo melhorando a visibilidade noturna com custos mais reduzidos. [8]

3.3 - Enquadramento com Projetos de Infraestrutura Pública

Deverão ser elaborados planos diretores de iluminação pública, tendo como base critérios de segurança e conforto requeridos, estabelecendo as características de iluminação para cada zona, que poderá variar consoante a hora, para comportar sistemas de regulação de fluxo estáticos ou dinâmicos. Os parâmetros a considerar serão temperatura de cor, IRC e classes de iluminação. [8]

3.4 - Uniformidade de Iluminação

A qualidade da iluminação proporcionada é um parâmetro fulcral nos sistemas de iluminação e que salta de imediato à vista dos utilizadores. Há que tentar iluminar uma zona ou objeto de vários ângulos, tendo sempre presente o critério da uniformidade da iluminação, ou seja, uma distribuição equivalente de luz nas superfícies horizontal e vertical nas diversas zonas. [8]

A uniformidade geral é calculada pelo quociente entre o valor da luminância mais baixo (localizado em qualquer ponto da área considerada, e a luminância média [8]:

$$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{med}} \times 100 \quad (3.2)$$

Em que:

- U_0 - Representa a uniformidade geral, expressa em %;
- L_{min} - representa o valor de luminância mínima, em cd/m^2 ;
- L_{med} - representa o valor de luminância média, em cd/m^2 .

A uniformidade longitudinal é definida pelo quociente entre o valor mais baixo e o valor mais alto da luminância, na direção longitudinal, ao longo do centro de cada faixa de rodagem. [8]

$$U_l = \frac{L_{min}}{L_{max}} \times 100 \quad (3.3)$$

Em que:

- U_0 - uniformidade longitudinal, em %
- L_{min} - representa o valor de luminância mínima, em cd/m^2 ;
- L_{med} - representa o valor de luminância média, em cd/m^2 .

3.5 - Nível de Iluminação

É imprescindível que o nível de iluminação do sistema de Iluminação Pública a instalar, seja o mais adequado para a zona e o tipo de utilizadores em questão. Com efeito, pessoas com idades superiores a 45 anos requerem mais 30% de nível luminoso para o reconhecimento facial, do que as pessoas com idades inferiores. [8]

O relatório técnico CEN/TR 13201-1: 2004 orienta na seleção das zonas onde as classes de iluminação, definidas na norma EN 13201-2, e os cálculos e procedimentos existentes na norma EN 13201-3 deveriam ser aplicados. [8]

Não sendo um critério de decisão de projeto, este relatório técnico fornece uma linha orientadora, para descrever as diversas situações onde é possível elaborar um projeto de IP, com base em parâmetros como [8]:

- Geometria da área a ser considerada;
- Uso dessa mesma área;
- Influência do meio envolvente.

3.6 - Encandeamento Incomodativo

Corresponde à perda de faculdades de visualizar os objetos, agudeza visual, provocando simultaneamente fadiga ocular, em condições dinâmicas: [2]

$$G = IEL + VRI \quad (3.4)$$

Em que:

G - Índice de deslumbramento incomodativo;

IEL - Índice específico da luminária;

VRI - Valor Real da Instalação.

3.7 - Encandeamento Perturbador (TI)

Também chamado incremento limite (TI) é uma medida que permite quantificar a perda de visibilidade causada pelo encandeamento das luminárias de iluminação pública.

Neste caso, um objeto que está no limite da visibilidade deixa de ser visível devido ao encandeamento. Caso se pretenda que o objeto seja visível nestas condições, há que aumentar o nível de contraste.

Este incremento corresponde ao TI. [2]

$$TI = \frac{65}{(\bar{L})^{0.8}} \times L_v \% \quad (3.5)$$

$$L_v = 10 \sum_{k=1}^n \frac{E_k}{\theta_k^2} = \frac{E_1}{\theta_1^2} + \frac{E_2}{\theta_2^2} + \dots + \frac{E_k}{\theta_k^2} + \dots + \frac{E_n}{\theta_n^2} \quad (3.6)$$

Em que:

- \bar{L} - Luminância média da estrada (cd/m²);
- L_v - Luminância encadeante (veiling luminance) equivalente (cd/m²);

- E_k - Iluminância (em lux, baseada no fluxo inicial da lâmpada em lumens) produzida pela luminária k , num plano normal à linha de visão e à altura do olho do observador;
- θ - Ângulo, em graus, do arco entre a linha de visão e a linha desde o observador ao centro da luminária k .



Figura 3.2 - Encadeamento incomodativo [2]

3.8 - Fator de Manutenção

O fator de manutenção (FM) de uma instalação é o rácio da iluminância num determinado momento ($E(t)$), com a iluminância inicial (E_0). [2]

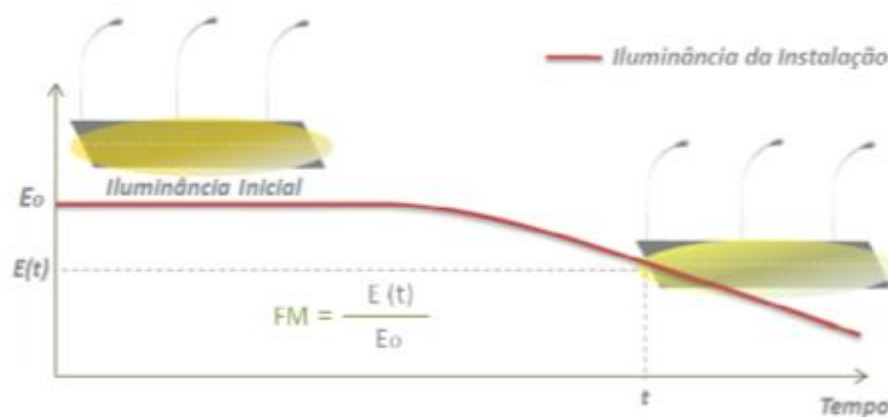


Figura 3.3 - Decréscimo do valor da iluminância da instalação ao longo do tempo [2]

O valor do fator de manutenção poderá afetar significativamente a potência da fonte de luz a instalar, bem como o número de luminárias necessárias para alcançar os valores de iluminância/luminância especificados.

$$FM = FMLL \times FSL \times FML \quad (3.7)$$

Em que:

- FM é o fator de manutenção;
- FMLL é o fator de manutenção de luminosidade da lâmpada;
- FSL é o fator de sobrevivência da lâmpada;
- FML é o fator de manutenção da luminária

3.8.1 - Fator de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada

O fator de manutenção da luminosidade da lâmpada (fonte de luz) é dado pelo rácio entre o fluxo luminoso da lâmpada num dado momento da sua vida ($\phi(t)$) e o fluxo luminoso inicial (ϕ_0). [2]

[EN 12665:2002] Ou seja:

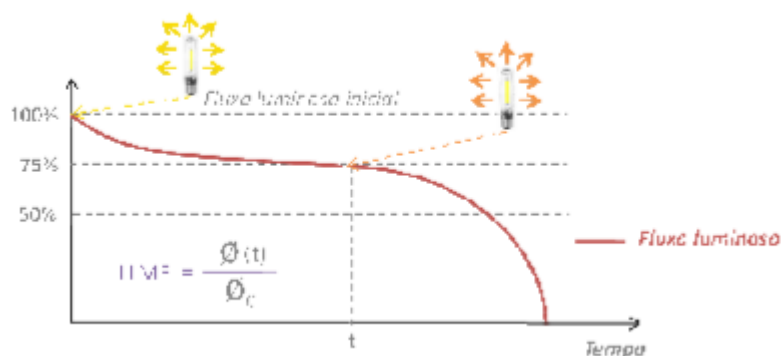


Figura 3.4 - Evolução do fluxo luminoso ao longo do tempo [2]

3.8.2- Fator de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada

O fator de sobrevivência da lâmpada é definido pela fração do número total de lâmpadas que continuam a funcionar num dado momento e sob determinadas condições. [EN12665:2002] [2]

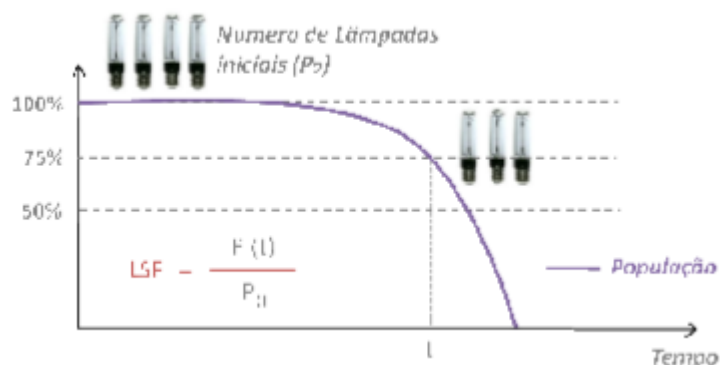


Figura 3.5 - População de lâmpadas ao longo do tempo [2]

O fator de sobrevivência de uma lâmpada depende bastante da quantidade de horas de funcionamento.

3.8.3 - Fator de Manutenção da Luminária

O fator de manutenção da luminária é o rácio do LOR de uma luminária num dado momento ($LOR(t)$), com o LOR dessa mesma luminária no seu início de vida (LOR_0). [2]

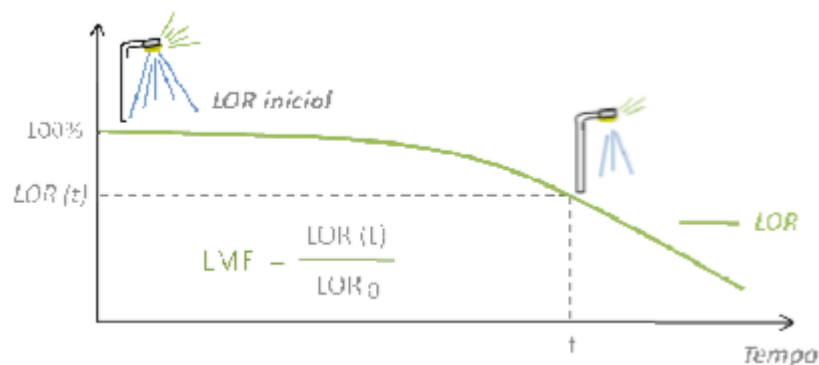


Figura 3.6 - Evolução do LOR ao longo do tempo [2]

3.9 - Rácio Envolvente (SR - Surround Ratio)

Um dos principais objetivos na iluminação pública é providenciar uma boa iluminação na superfície das ruas e estradas, de modo a que os obstáculos sejam facilmente identificáveis. No entanto, a parte superior de objetos mais altos na estrada e os objetos que se encontram nas laterais das faixas de rodagem (particularmente em secções curvas) são vistos apenas se existir uma boa iluminação na envoltência da estrada, ou seja, na sua vizinhança. Com efeito, uma iluminação adequada da zona envolvente à estrada possibilita ao condutor uma melhor perceção da sua situação, fazendo ajustamentos devidos de velocidade e trajetória a tempo.

A função do rácio envolvente (SR) é assegurar que o fluxo luminoso direcionado para a periferia das estradas seja suficiente para tornar perfeitamente visível os corpos aí existentes. Assim, incrementa-se, por exemplo, a segurança dos peões nos passeios. O SR é definido como sendo a iluminância média horizontal nas duas faixas longitudinais exteriores aos limites laterais de uma faixa de rodagem de viaturas, dividida pela iluminância média horizontal de duas faixas longitudinais dessa estrada. [2]



Figura 3.7 - Representação de uma via de circulação de veículos [2]

A largura de cada uma dessas faixas longitudinais definidas, para o cálculo do rácio envolvente, terá de ser a mesma. O seu valor será o mínimo dos valores das seguintes três hipóteses [2]:

- 5 metros

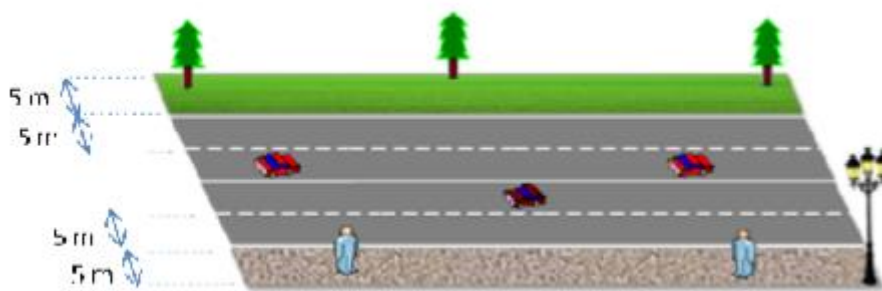


Figura 3.8 - Via de circulação com faixas de 5m [2]

- Metade da Largura da Estrada



Figura 3.9 - Via de circulação com faixas com metade da largura da estrada [2]

- Largura da faixa exterior ao limite da estrada que não esteja obstruída

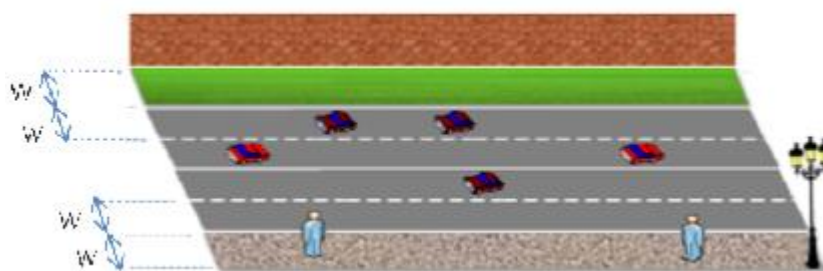


Figura 3.10 - Largura da faixa exterior ao limite da estrada que não esteja obstruída [2]

3.10 - Classes de Iluminação

A cada tipo de estrada ou via incluída num projeto de iluminação pode estar associada a diferentes classes de iluminação, cabe ao Plano Diretor de Iluminação Pública, da responsabilidade das autarquias definir e determinar a classe correta.

A classe de iluminação é definida por um conjunto de requisitos fotométricos que têm em vista as necessidades de visibilidade dos utilizadores dos vários tipos de via, rua e áreas consideradas. [8]

Na norma 13201-2 são construídas várias tabelas onde são atribuídos os diferentes valores fotométricos para as diferentes classes, tais como:

- Valores de luminância (cd/m^2) para as classes ME;
- Valores de iluminância (lux) para as restantes classes;

Existem ainda as subclasses que variam desde o valor 1 (requisitos mais elevados do nível de iluminação) até um valor n (nível mais baixo) que varia de classe para classe.

A classe de iluminação apropriada tem de ser selecionada de acordo com: [8]

- Função da estrada;
- Velocidade permitida;
- Geometria da estrada;
- Composição e do volume do tráfego;
- Condições ambientais.

Tabela 3.3 - Quadro simplificado das classes de iluminação distribuídas pelas três categorias de estrada definidas para Portugal [8]

Categoria	Descrição
R (rápido)	<p>Corresponde ao tráfego motorizado de elevada velocidade, ou seja, em estradas nacionais e rurais de ligação a populações, tendo apenas requisitos de luminância (cd/m^2)</p> <p>Compreende as seguintes classes definidas na norma EN 13201-2:2003:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ME1 a ME5; • MEW1 a MEW5
M (misto)	<p>Corresponde a um tráfego misto, ou seja, comporta tráfego motorizado a baixa e média velocidade, bem como a existência de ciclistas e pedestres nessas áreas. Tal como na classe anterior, tem apenas requisitos de luminância (cd/m^2).</p> <p>Compreende as seguintes classes definidas na norma EN 13201-2:2003:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ME2 a ME5; • MEW2 a MEW5
L (lento)	<p>Corresponde ao tráfego lento, ou seja, para zonas residenciais e áreas pedonais (jardins e outros espaços públicos) com requisitos somente de iluminância (lux).</p> <p>Compreende as seguintes classes definidas na norma EN 13201-2:2003:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CE0 a CE5 • S1 a S6 • ES1 a ES9 • EV1 a EV6 • A1 a A5

Tabela 3.4 - Parâmetros para iluminação para cada situação típica [8]

Tipo de Estrada	Classe		Parâmetros de Iluminação			
	Situação Típica	Classe EN 13201	Lavg (cd/m ²)	Uo	Ul	TI(%)
R	Trânsito Elevado	ME1	2	0,4	0,7	10
	Velocidade normal a com trânsito	ME2	1,5	0,4	0,7	10
	Chuva e pouco Trânsito	ME3a	1	0,4	0,7	15
	Pouco Trânsito	ME4a	0,75	0,4	0,6	15
M	Trânsito Elevado	ME2	1,5	0,4	0,7	10
	Normal	ME3a	1	0,4	0,7	15
	Pouco Trânsito	ME4a	0,75	0,4	0,6	15
			Eavg (lux)	Umin	Emin	
L	Trânsito Elevado	CE2	20	0,4		
	Normal	CE3	15	0,4		
	Pouco Trânsito	CE4	10	0,4		
	Trânsito	S2	10		3	
	Normal	S4	5		1	
	Pouco trânsito	S6	2		0,6	

Analisando a tabela é fácil compreender que ao alterar a classe de iluminação para uma imediatamente inferior, desde que ajustada ao local considerado, se consegue obter uma poupança ao nível do consumo energético e também ao nível do número de luminárias necessárias à instalação.

De salientar que a classe de iluminação será dependente do conjunto de circunstâncias existentes em períodos distintos, ou seja, a classe poderá ser diferente no mesmo local, caso as circunstâncias que a caracterizam variem.

A função das classes de iluminação é, então, estabelecer os requisitos que o projeto de IP terá de cumprir. [8]

3.10.1 - Classe ME

Como já fora referido na Tabela 3.3, a classe ME aplica-se a veículos motorizados em estradas de alta e média velocidade. Para a determinação da classe ME deve-se proceder do seguinte modo [8]:

- Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado na Tabela 3.5.
- Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor “Total”.
- Introduzir esse valor na equação: Índice (ME) = 6 - Total, obtendo o índice da classe ME.

De notar que por vezes é necessário arredondar o valor de “Total” para o número inteiro mais próximo, ou mesmo limitar o intervalo de valores possíveis entre [0 - 5].

Tabela 3.5 - Método para a determinação da Classe ME [8]

Seleção das Classes de Iluminação - ME			
Parâmetro	Opções	Fator de Peso	Seleção
Velocidade	Alta	1	
	Moderada	0	
	Muito Elevado	1	
Volume de Tráfego	Alto	0,5	
	Moderado	0	
	Baixo	-0,5	
	Muito baixo	-1	
Composição de Trânsito	Elevada percentagem de não motorizados	1	
	Misturado	0,5	
	Apenas motorizado	0	
Separação de Faixas	Não	1	
	Sim	0	
Densidade de cruzamentos	Alta	1	
	Moderada	0	
Veículos Estacionados	Presentes	1	
	Não presentes	0	
Luminância Ambiente	Muito Alta	1	
	Alta	0,5	
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
Controlo de Trânsito	Fraco	0,5	
	Bom	0	
	Muito Bom	-0,5	
			Total:

Na Tabela 3.4, para utilização do método mais simples, mas menos preciso, o índice máximo encontrado para uma classe ME é 4, no entanto, a norma EN 13201 - 2: 2003 define 6 índices possíveis, cujos parâmetros estão indicados na tabela seguinte.

Tabela 3.6 - Parâmetros da classe de iluminação ME na norma EN 13201-2:2003 [8]

Classe	Luminância da superfície da estrada			<i>Glare</i>
	Lavg (cd/m ²)	Uo	UL	TI(%)
ME1	2	0,4	0,7	10
ME2	1,5	0,4	0,7	10
ME3a	1	0,4	0,7	15
ME3b	1	0,4	0,6	15
ME3c	1	0,4	0,5	15
ME4a	0,75	0,4	0,6	15
ME4b	0,75	0,4	0,5	15
ME5	0,5	0,35	0,4	15
ME6	0,3	0,35	0,4	15

Além dos seis índices definidos, a norma ainda faz uma ligeira distinção, nível da uniformidade longitudinal (UL), dentro das classes ME3 e ME4. Assim, se ao índice estiver associado a letra minúscula: [8]

- a - É permitido um aumento de 5% no valor do TI, quando forem usadas fontes de iluminação com baixa luminância (lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão e fluorescentes tubulares ou então fontes de luz com luminância idêntica ou inferior).
- b - Significa que este critério apenas poderá ser aplicado em locais onde não existam zonas de tráfego com os seus próprios requisitos adjacentes às faixas de rodagem. É um valor não ótimo (com uma uniformidade longitudinal mais baixa) normalizado, assim c.

Assim, caso o índice obtido no método da Tabela 4.2 seja 3 ou 4, convencionou-se a utilização dos parâmetros de iluminação da classe ME que possui a letra “a” associado ao índice, ou seja, ME3a e ME4a, respetivamente.

3.10.2 - Classe CE

A classe CE aplica-se nas áreas de conflito. Estas ocorrem quando as faixas dos veículos se intersectam ou desembocam em áreas frequentadas por pedestres, ciclistas ou outros utilizadores, como por exemplo:

- Cruzamentos;

- Rotundas;
- Estradas de ligação com largura e número de faixas reduzidas;
- Zonas de centros comerciais, etc.

A existência destas áreas resulta, portanto, num aumento da probabilidade de colisão entre os diversos utilizadores da estrada, logo a iluminação destas zonas deverá revelar em especial a:

- Posição dos passeios e lancis;
- Marcas e sinalizações da estrada;
- Movimentação dos veículos na vizinhança da área;
- Presença dos pedestres, outros utilizadores (e.g. ciclistas) e de eventuais obstáculos.

Existem dois critérios de seleção da classe de iluminação para as áreas de conflito. Assim, ou se consideram os níveis de luminância, ou então os de iluminância.

Se o critério escolhido for o da luminância, as áreas de conflito devem ter no mínimo o mesmo nível de iluminação das estradas adjacentes (que dão acesso à área de conflito). O ideal mesmo é que a classe de iluminação da zona de conflito tenha um índice abaixo da classe de iluminação da estrada adjacente. [8]

Tabela 3.7 - Classe da área de conflito correspondente à classe de estrada adjacente, quando a luminância é o critério usado [8]

Classe da Estrada Adjacente	Classe da Área de Conflito
ME1	ME1
ME2	ME1
ME3a	ME2
ME4a	ME3a
ME5	ME4a
ME6	ME5

Por exemplo, se uma estrada de classe ME2 se depara com uma zona de conflito (e.g. rotunda), esta nova zona terá de estar iluminada com os parâmetros de iluminação correspondentes à classe ME1.



Figura 3.11 - Exemplo da mudança de índice de classe de iluminação, numa área de conflito (rotunda), quando o critério usado é a luminância [8]

Pode-se dar o caso do critério mais adequado, para a determinação da classe de iluminação das áreas de conflito, não ser o uso da luminância. Verifica-se, por exemplo, quando:

- As distâncias de percepção visual são curtas;
- Há necessidade de distinguir bem os contornos;
- A estrada adjacente não é, ou é muito mal iluminada.

Quando assim acontece, o critério a utilizar para a parametrização dos níveis de iluminação do sistema de iluminação pública, é o uso da iluminância. Dentro deste critério, encontramos dois procedimentos consoante o nível de iluminação da estrada adjacente à área de conflito. [8]

Para determinar o índice correspondente da classe CE, ou seja:

- Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado na Tabela 3.8;
- Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor “Total”;
- Introduzir esse valor na equação: Índice (CE) = 6 - Total, obtendo o índice da classe CE.

Novamente, ter-se-á de ter em atenção os valores possíveis do índice, sendo que neste caso poderá ser necessário arredondar o resultado “Total” obtido ao inteiro mais próximo, ou mesmo limitá-lo ao intervalo [1-6]. [8]

Tabela 3.8 - Método para a seleção das classes de iluminação CE [8]

Seleção das Classes de Iluminação - ME			
Parâmetro	Opções	Fator de Peso	Seleção
Velocidade	Alta	2	
	Moderada	1	
	Baixa	0	
Volume de Tráfego	Muito Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderado	0	
	Baixo	-0,5	
	Muito baixo	-1	
Composição de Trânsito	Elevada percentagem de não motorizados	1	
	Misturado	0,5	
	Apenas motorizado	0	
Separação de Faixas	Não	1	
	Sim	0	
	Muito Alta	1	
Luminância Ambiente	Alta	0,5	
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
Controlo de Trânsito	Fraco	0,5	
	Bom	0	
	Muito Bom	-0,5	
			Total:

Determinado o índice da classe, iluminar-se-á toda a área, considerando parâmetros de iluminação da Tabela 3.9. [8]

Tabela 3.9 - Parâmetros da classe de iluminação CE na norma EN 13201-2:2003 [8]

Classe	Iluminância Horizontal	
	Eavg (lux)	Uo
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

Caso o nível de iluminação da estrada adjacente cumpra os nas normas, surgem dois casos passíveis de análise:

- A estrada adjacente tem como parâmetro a iluminância;
- A estrada adjacente tem como parâmetro a luminância.

No primeiro caso, os níveis de iluminância da área de conflito não poderão ser menores do que os da estrada adjacente.

No segundo caso recorre-se à Tabela 3.10 incluída no relatório CIE 144:2001, onde é feita uma analogia, dos níveis de iluminação, entre as classes ME (cujo parâmetro é a luminância) e as classes CE (cujo parâmetro é a iluminância).

Assim, se a classe da estrada adjacente for ME2, a classe CE equivalente a utilizar é a CE2, logo a classe a utilizar na área de conflito (tendo a iluminância como parâmetro) será a CE1.

Tabela 3.10 - Classes ME e CE com um nível de iluminação comparável [8]

Classe de Iluminação	ME1	ME2	ME3a	ME4a	ME5	ME6
Luminância média (Lavg) em (cd/m ²)	2	1,5	1	0,75	0,5	0,3
Classe de Iluminação	CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5
Iluminância média (Eavg) em (lux)	50	30	20	15	10	7,5

3.10.3 - Classe S

A terceira e última classe de iluminação utilizada na versão simplificada da Tabela 3.5 é a classe S. Esta classe, é peculiar apenas à classe do tipo de estrada L, mais especificamente às zonas exclusivamente pedonais. Tem como critérios:

- Iluminância média (Eavg);
- Iluminância mínima (Emin).

Mais uma vez, o processo de aferição do índice da classe de iluminação S segue a mesma lógica dos anteriores:

- Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado na Tabela 3.11;
- Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor “Total”;
- Introduzir esse valor na equação: Índice (S) = 6 - Total, obtendo o índice da classe S.

Ter em atenção que por vezes será necessária a aproximação ao inteiro mais próximo ou a limitação do valor “Total” no intervalo [0 - 5].

Finalmente, utilizar no projeto de iluminação, os valores de Emed e Emin, indicados na Tabela 3.12, correspondentes à classe S do índice determinado. [8]

Tabela 3.11 - Método para a seleção da classe de iluminação S [8]

Seleção das Classes de Iluminação - ME			
Parâmetro	Opções	Fator de Peso	Seleção
Velocidade	Baixa	1	
	Muito Baixa	0	
	Muito Elevado	1	
Volume de Tráfego	Alto	0,5	
	Moderado	0	
	Baixo	-0,5	
	Muito baixo	-1	
	Pedestres, Ciclistas e Tráfego Motorizado	1	
Composição de Trânsito	Pedestres e Tráfego Motorizado	0,5	
	Pedestres e Ciclistas	0,5	
	Pedestres	0	
	Ciclistas	0	
	Presentes	1	
Veículos Estacionados	Não presentes	0	
	Muito Alta	1	
Luminância Ambiente	Alta	0,5	
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
			Total:

Tabela 3.12 - Parâmetros da Classe de Iluminação S da norma EN 13201-2:2003 [8]

Classe	Iluminância Horizontal	
	Eavg (lux)	Emin (lux)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6

3.10.4 - Classe A

Tal como a classe S, a classe A é destinada aos pedestres e aos ciclistas e aplica-se a zonas pedonais, vias próprias para bicicletas, caminhadas e outras vias que se encontrem separadas, mas ao longo de uma estrada para veículos motorizados.

Alguns países preferem recorrer a esta classe do que à classe S. A diferença é que os parâmetros de iluminação utilizados já não irão ser a iluminância horizontal média e mínima, mas sim a iluminância hemisférica e a sua uniformidade geral (tabela 3.13) [8].

Tabela 3.13 - Parâmetros da Classe A da norma EN 13201-2:2003 [8]

Classe	Iluminância Horizontal	
	Eavg (lux)	Emin (lux)
A1	5	0,15
A2	3	0,15
A3	2	0,15
A4	1,5	0,15
A5	1	0,15

3.10.5 - Classe ES

A classe ES é uma classe adicional aplicada a zonas pedonais onde o risco de criminalidade é maior. A Tabela 3.14 especifica valores para a iluminância semicilíndrica de modo a criar um ambiente de maior conforto e segurança para as pessoas, potenciando a diminuição da criminalidade. [8]

Tabela 3.14 - Parâmetros da classe de iluminação ES da norma 13201-2:2003 [8]

Classe	Iluminância Semicilíndrica
	E _{min} (lux)
ES1	10
ES2	7,5
ES3	5
ES4	3
ES5	2
ES6	1,5
ES7	1
ES8	0,75
ES9	0,5

3.10.6 - Classe EV

A classe EV é igualmente uma classe adicional aplicada a zonas onde se pretenda que haja a possibilidade de reconhecimento claro em superfícies verticais.

Poderá ser utilizada em zonas pedonais, bem como em locais específicos das estradas do tipo R e M, da tabela 3.3 nomeadamente em áreas que possuam placas informativas (e.g. bifurcações, rotundas, etc.). O parâmetro utilizado na classe EV é a iluminância mínima do plano vertical, cujos valores estão indicados na Tabela 3.15. [8]

Tabela 3.15 -Parâmetros da classe de iluminação EV na norma EN 13201-2:2003 [8]

Classe	Iluminância no plano vertical
	E _{min} (lux)
EV1	50
EV2	30
EV3	10
EV4	7,5
EV5	5
EV6	0,5

Não obstante o critério utilizado (iluminância ou luminância) é possível estabelecer uma analogia entre os níveis de iluminação das diversas classes de iluminação (Tabela 5.15). Quer a classe ES, quer a classe EV apenas serão aplicadas caso o projetista considere necessário, para a zona em questão. [8]

Tabela 3.16 - Correspondência do nível de iluminação das diversas classes [8]

	ME1	ME2	ME3a	ME4a	ME5	ME6		
CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5			
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
				A1	A2	A3	A4	A5
ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	ES8	ES9
EV2	EV3	EV4	EV5	3 (lx)	2,5 (lx)	1,5 (lx)	1 (lx)	0,6 (lx)

3.10 - Plano Diretor de Iluminação

Com já foi referido neste documento, as autarquias são responsáveis pela elaboração de Planos Diretores De Iluminação Pública para as suas cidades. Estes deverão ser idealizados tendo como base diversos critérios de segurança e conforto requeridos, estabelecendo propriedades para a iluminação pública das diferentes ruas e áreas consideradas no plano.

Um PDIP é um documento de regulamentação, legalização e planificação das diversas intervenções na iluminação pública urbana, assim como da iluminação exterior de edifícios públicos e privados presentes no terreno considerado, tudo isto tendo sempre em conta a finalidade das diferentes zonas a iluminar.

O PDIP pode então ser descrito como um instrumento moderno e eficaz no que toca se refere ao desenvolvimento essencial e sustentado da infraestrutura de iluminação pública. Sendo o seu principal objetivo garantir a iluminação da cidade, assegurando a segurança de quem a usufrui, sem nunca esquecer a componente estética da iluminação tornando a cidade agradável aos seus habitantes e atrativa a quem a visita. Além disto, a iluminação pública oferece inúmeras possibilidades de usufruto e animação noturna nos seus diferentes espaços.

A Iluminação Pública é uma infraestrutura com grande prioridade nas cidades, no entanto verifica-se inúmeras situações em que esta é menosprezada, tendo como consequência o seu desenvolvimento desordenado e incoerente, sem estratégia aparente. Isto graças ao seu condicionamento pela disponibilidade económica das autarquias e governos levando a que os projetos de iluminação sejam realizados em situações de necessidade pontual.

A elaboração de um PDIP, estabelece uma estratégia de projeto, para todo o território considerado, com atenção à finalidade das diferentes zonas e troços que dele fazem parte, auxiliando os governos e Câmaras de Municípios na gestão da IP das suas cidades. Esperando ainda contribuir para uma correta racionalização dos custos de investimento e manutenção da infraestrutura, que se possível trará consequências benéficas ao balanço energético, minimizando o consumo energético.

Realizar um projeto de iluminação não significa simplesmente prover os níveis mínimos de luz para assegurar a segurança de utilizadores pedestres e veículos, mas aliar a iluminação às características da cidade promovendo a qualidade de iluminação ao invés da quantidade,

individualizando percursos e espaços com características diferentes, criando ambientes de conforto e de lazer, tudo isto com recurso a diferentes níveis e distribuição de iluminação e uso de diversas temperaturas de cor.

O Plano Diretor de Iluminação Pública, deve ser concebido como um plano não estático, mas dinâmico no espaço e tempo. No espaço, pois deve acompanhar o ordenamento de território, o seu crescimento e mudança, proporcionando a otimização das intervenções e dando origem a uniformidade e homogeneidade que promovem de forma harmoniosa a integração dos diferentes equipamentos e por consequência, a valorização do património e do charme próprio da cidade. E no tempo, pois com o desenvolvimento e evolução rápida da tecnologia ocorre o aumento das possibilidades de equipamentos, assegurando alternativas de intervenção.

Um PDIP é, portanto, um instrumento essencial à correta gestão da infraestrutura de IP, apontando diretrizes para as futuras intervenções a realizar, respeitando as características e filosofias arquitetónicas existentes bem como acentuando as peculiaridades presentes no terreno, assegurando não só os níveis mínimos de iluminação para a segurança na fruição do espaço, mas proporcionar uma experiência agradável a quem visita e habita a cidade, promovendo a sua vivência.

Capítulo 4

Plano Diretor de Iluminação Pública

A Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), é um estabelecimento de Ensino Superior da Universidade do Porto dedicado ao ensino da Engenharia.

O ensino da Engenharia em Portugal, no âmbito civil, teve origem no primitivo núcleo escolar da Aula Náutica, decretado em 30 de julho de 1765. Substituindo a Aula Náutica e por Decreto de 13 de janeiro de 1837 foi criada então a Academia Politécnica do Porto, que tinha como missão formar engenheiros, oficiais de marinha, pilotos, comerciantes, agricultores, diretores de fábrica e artistas.

Após a implantação da República, o primeiro governo efetuou uma reforma do ensino superior, reformando a Universidade de Coimbra e criando em Lisboa e no Porto duas novas Universidades, com autonomia pedagógica e administrativa.

Com esta reforma, a Academia Politécnica do Porto, foi transformada em Escola de Engenharia, a qual ficou anexa à Faculdade de Ciências, situação que provocou o desagrado de professores, o que levou à publicação da Lei n.410 em 1915 transformando a Escola de Engenharia em Faculdade Técnica, com a sua própria autonomia, em 1930 passou então a designar-se por Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Com a comemoração dos 100 anos da Academia Politécnica do Porto (1937), são inauguradas as primeiras instalações da faculdade, mais tarde em 2001, são inauguradas as novas instalações onde se mantem atualmente no polo II da Universidade do Porto, desenhadas pelos arquitetos Pedro Ramalho e Luís Ramalho.

As novas instalações contam com uma área total de 90.000 m² em 15 edifícios, sendo uma das maiores faculdades em funcionamento no nosso país.

4.1 - Área de Intervenção

A área de intervenção do Plano Diretor de Iluminação encontra-se representada na planta abaixo, assim como nas plantas anexas em maior escala, correspondente aos edifícios, parques e área circundante.

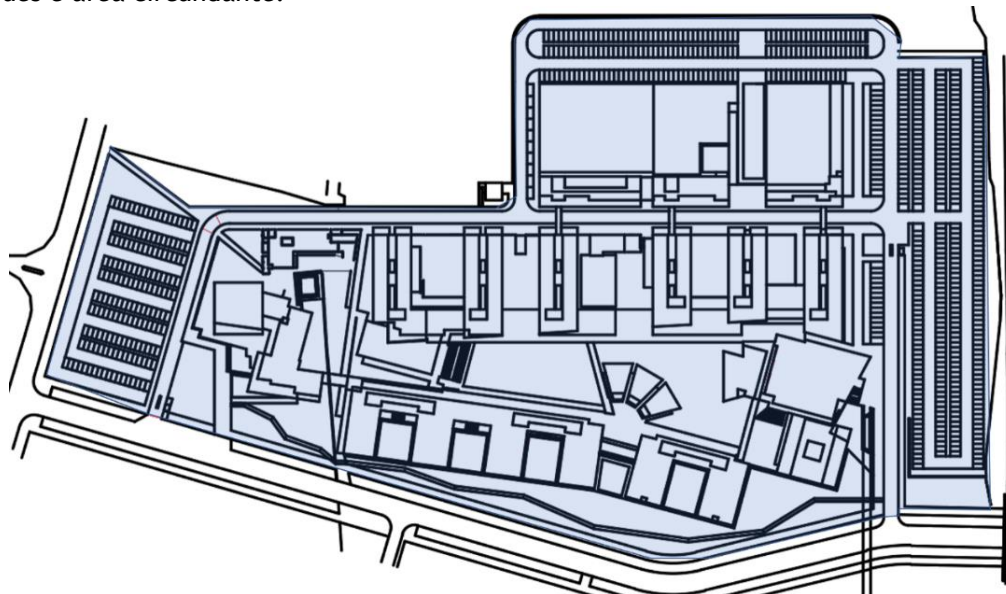


Figura 4.1 - Área de Intervenção

4.2 - Diagnóstico da Infraestrutura IP existente

Deve ser criado e devidamente atualizado um cadastro com todos os dados e características do equipamento das redes IP. Este é sem dúvida um instrumento essencial para uma correta gestão e manutenção das infraestruturas, auxiliando na definição das prioridades ao nível de intervenções, mais concretamente no que diz respeito à substituição ou reconversão de equipamento menos eficiente, uma decisão que deverá ser sempre sustentada tendo em conta os investimentos a efetuar na sua renovação e a necessidade de racionalizar os respetivos custos de operação.

Com base no levantamento efetuado no terreno e a planta das instalações elétricas exteriores da faculdade gentilmente disponibilizados pelo departamento técnico da Faculdade de Engenharia, foram analisadas as seguintes circunstâncias:

- Tipologia da rede de alimentação de energia;
- Tipos, quantidade e potência das lâmpadas instaladas;
- Tipos e características das luminárias;
- Tipos e características dos suportes;
- Análise de obsolescência, qualidade e criticidade do equipamento de iluminação.

Podemos então retirar as seguintes conclusões:

- A tipologia da rede de alimentação de energia é na sua maioria entubada ou em vala;

- As lâmpadas instaladas têm sido substituídas ao longo dos últimos anos desde o projeto original para lâmpadas fluorescentes na sua maioria de 18W, mas também de 20W e 70W, no entanto ainda existem instaladas lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 150W e até lâmpadas de iodetos metálicos de 250W de potência remanescentes do projeto original. Para além disso, foram instaladas diversas luminárias LED nos parques de estacionamento principais 34 luminárias de 250W de potência unitária, nos espaços de estacionamento traseiros aos departamentos, 4 luminárias de 90W, de igual modo junto ao bar da biblioteca e por fim na fachada do departamento de Eng. de Minas, mais duas luminárias LED de 90W;
- Luminárias de tecnologia ultrapassada, em muitos casos abertas, sem proteção do bloco ótico. Exceção das luminárias embutidas da Bega, de excelente qualidade, apenas em poucos casos com vidros partidos ou sujos. As luminárias mais recentemente instaladas nos parques de estacionamento visivelmente desadequadas às funções pretendidas, sendo próprias para iluminação desportiva, originando encadeamentos perturbadores e agressão ao meio ambiente;
- Os suportes utilizados são maioritariamente em consola mural e colunas metálicas com braço duplo ou braço único, existindo também luminárias de encastrar nas paredes, tetos e chão;
- Em relação à análise de obsolescência, qualidade e criticidade das infraestruturas de iluminação:
 - a) Iluminação standardizada, com poucas evidências de contraste de temperatura de cor, apresentando um carácter meramente funcional e de segurança, não contribuindo para a valorização estética ou maior atratividade do ambiente urbano, noturno.
 - b) Anotam-se inconformidades dos níveis de iluminação garantidos nos diferentes espaços, com situações notórias de insuficiência de iluminação;
 - c) Luminárias existentes desde o projeto inicial, bastante antigas e em precário estado de conservação, apresentando baixo rendimento;
 - d) Elevado nível de poluição luminosa, consequência da utilização de tecnologia ultrapassada e obsoleta dos aparelhos de iluminação, assim como do elevado nível de ULOR das luminárias LED instaladas, com grau de inclinação bastante superior a 0°, prejudicando o meio ambiente;
 - e) Colunas de IP de altura demasiado reduzida, não chegando aos 4m, dando origem a uma baixa uniformidade de iluminação e não estando adequada a vias de circulação de veículos;
 - f) Rede elétrica em razoável estado de operação, sendo de maximizar o seu aproveitamento, evitando assim, custos acrescidos em investimento, sem embargo da preponderância de rede estabelecida em fachada, o que se irá traduzir numa maior visibilidade sobre os edifícios, tudo isto sem prejuízo de muitas situações poderem sofrer correções e melhoramentos.

Tabela 4.1 - Cadastro das luminárias existentes nas instalações da FEUP

Tipologia de Foco	Tecnologia	Potência por unidade	Quantidade
Candeeiro Bola	Vapor de Sódio	150W*	119
Projetor Bega	Fluorescente	18W	72
Candeeiros Passagens Cobertas	Fluorescente	20W	114
Candeeiros Exporlux Passagens Cobertas	LED	70W	6
Candeeiros Teto Bega	Fluorescente	18W	22
Candeeiros Encastrar Teto	Fluorescente	2x18W	15
Candeeiros Encastrar Solo	Fluorescente	18W	21
Candeeiros Encastrar Solo	Íodetos Metálicos	250W	10
Candeeiros LED parques principais	LED	250W	34
Candeeiros LED em consola mural	LED	90W	7
Luminárias de escada	LED	10W	2

* A ter em conta as perdas no balastro das luminárias de tecnologia de Vapor de Sódio em cerca de 10%



Figura 4.2 - Candeeiro Tipo Bola



Figura 4.3 - Projetor Bega



Figura 4.4 - Candeeiros Passagens Cobertas



Figura 4.5 - Candeeiros Exporlux Passagens Cobertas



Figura 4.6 - Projektor de Teto Bega



Figura 4.7 - Projektor de encastrar no teto



Figura 4.8 - Projektor de Solo (fluorescente)



Figura 4.9 - Projektor de solo (iodetos metálicos)



Figura 4.10 - Candeeiros LED (parques principais)

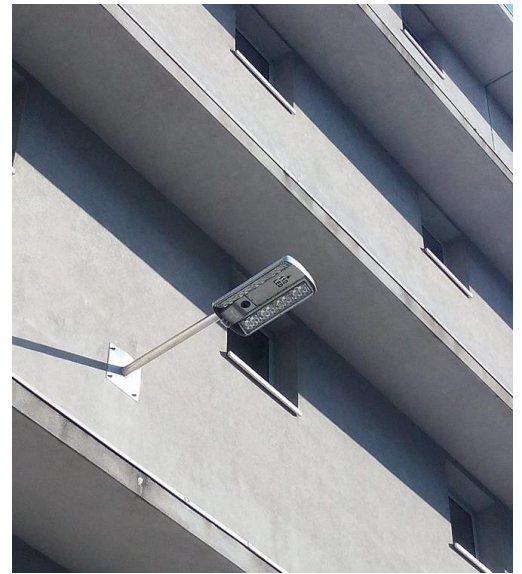


Figura 4.11 Candeeiros LED (consola mural)

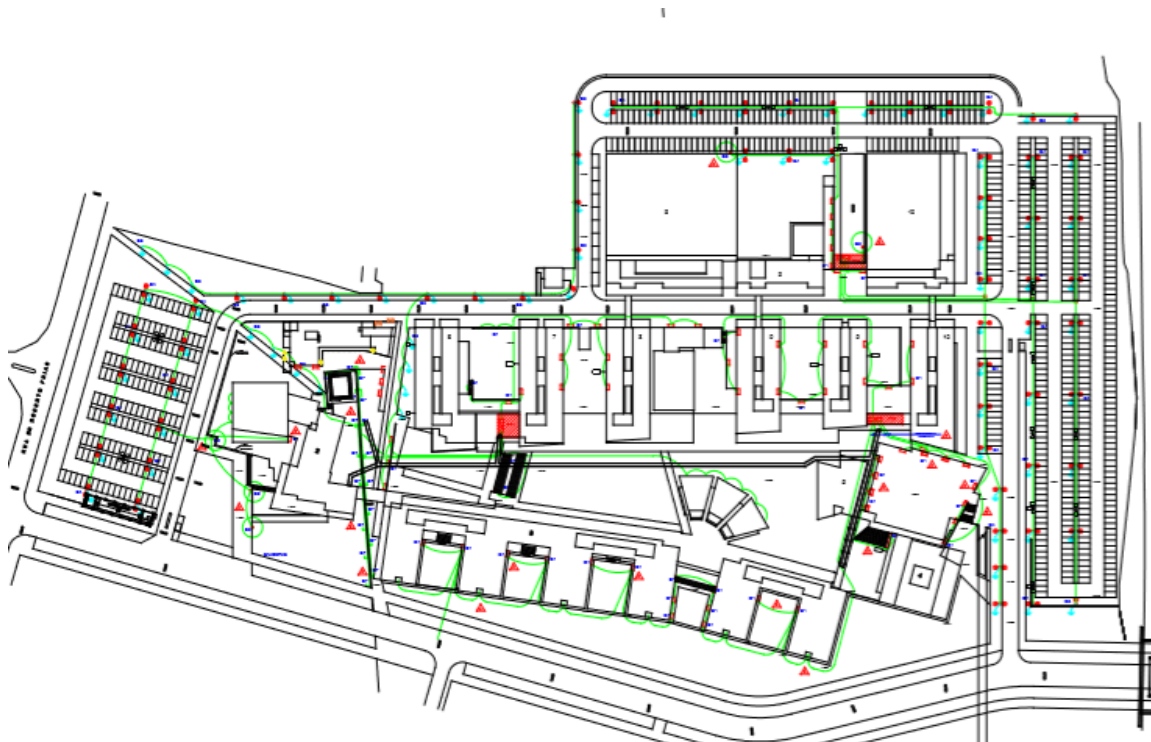


Figura 4.13 - Planta com instalações e equipamentos existentes

- ⊗ Lum. Tipo Bola, conjunto simples, Vapor de Sódio
- ⊗⊗ Lum. Tipo Bola, conjunto Duplo, Vapor de Sódio
- ⊗ Projektor LED, Hu=12m, conjunto quadruplo
- Projektor LED, Hu=12m, conjunto duplo
- ⊗ Projektor LED, Hu=12m, conjunto triplo
- Projektor LED, consola mural
- Projektor Bega, encastrar, lâmpada fluorecente

Figura 4.12 - Legenda das luminárias existentes e respetivas características

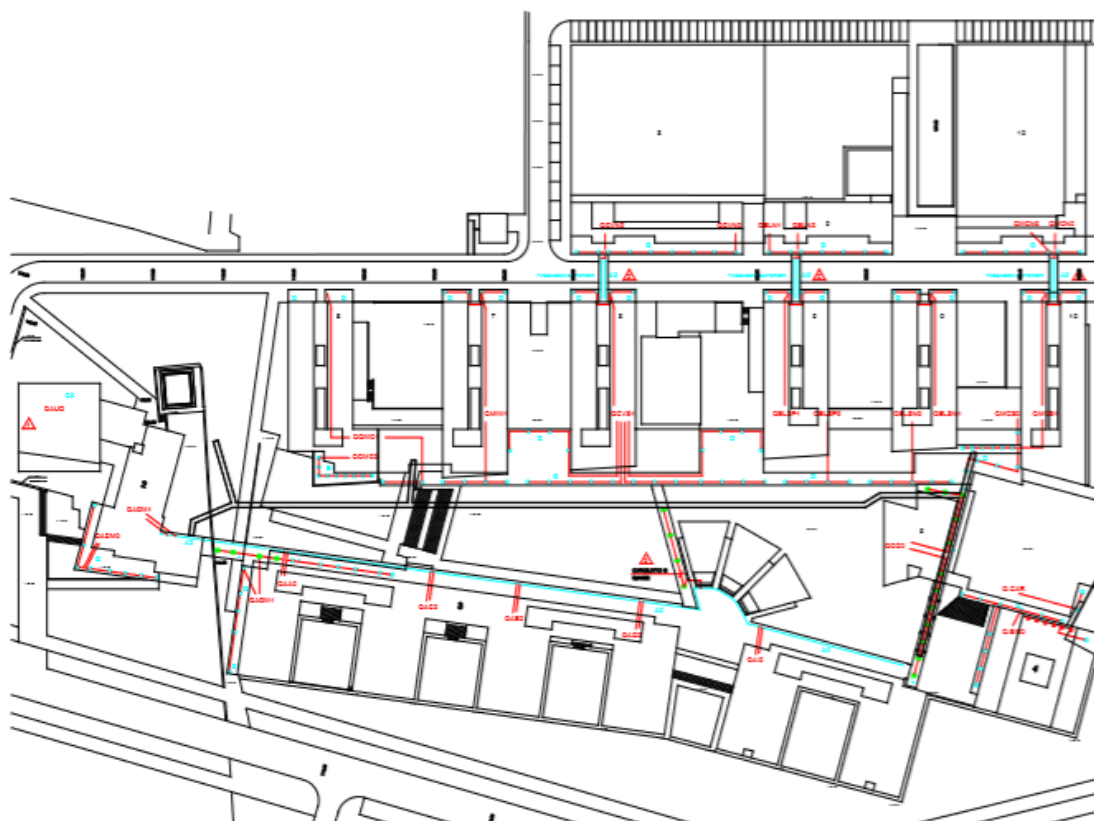


Figura 4.14 - Planta das instalações e equipamentos existentes

- ⊗ Lum. de Encastrar no Teto com lâmpada fluorescente dupla
- Projetor em consola mural, lâmpada fluorescente
- ⊗ Lum. de Encastrar no Teto, com lâmpada fluorescente dupla
- ⊗ Projetor de teto Bega, lâmpada fluorescente

Figura 4.15 - Legenda das luminárias existentes e respectivas características

4.3 - Balanço Energético

O cálculo do balanço energético permite quantificar o potencial de aperfeiçoamento da instalação e redução do consumo energético da mesma, consequente de uma intervenção planeada e focada na reconversão da tecnologia, adaptação da iluminação e ajustamento de alguns conceitos aplicados ao nível de projeto que possam não fazer sentido atualmente.

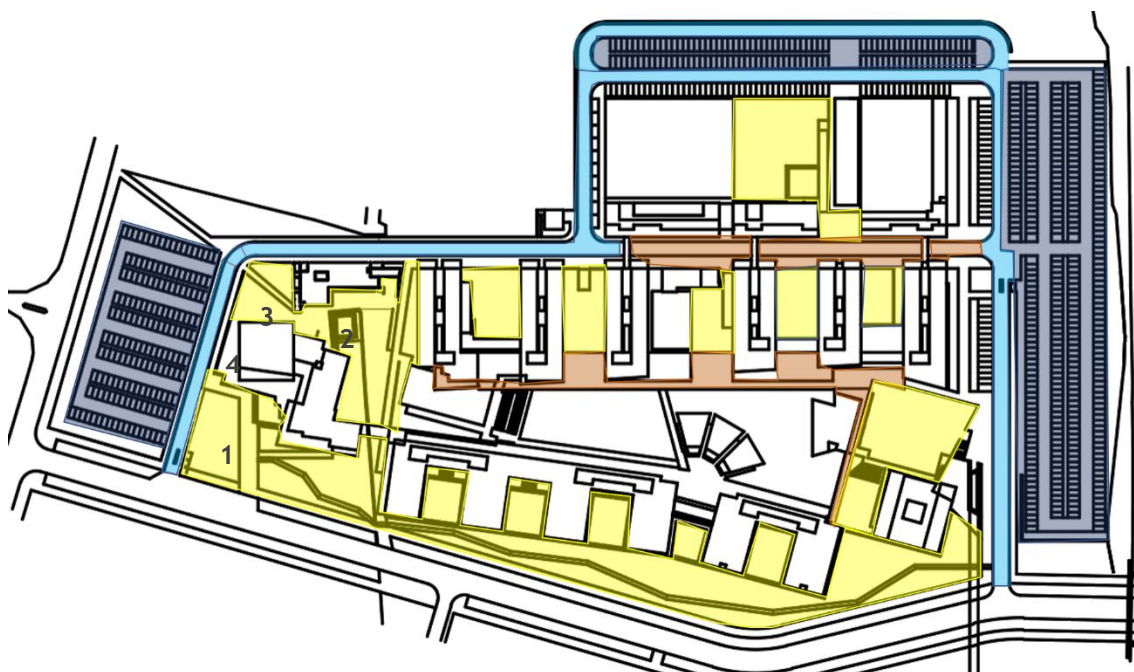
O balanço energético é também um fator indicador de viabilidade de projetos futuros, dando possibilidade de investimento noutros tipos de projeto, como é o caso da iluminação arquitetural.

Tabela 4.2 - Balanço energético da instalação existente

	Potência Instalada (kW)	C. Energia (KWh)	TEP/ano (1KWh=290E-6)	T CO2e (med.)	C. Energia Consumida (€)
Instalação Actual	36,58	146320,00	42,43	76,53	15027,06
A 15 anos		2194800,00	636,49	1147,88	225405,96 €





4.4 - Tipificação - Áreas Homogêneas de Intervenção

Analisando a planta, são identificáveis as seguintes áreas homogêneas de intervenção:

**Figura 4.16** - Divisão da planta em áreas homogêneas de intervenção

A tabela abaixo, descreve a respetiva correspondência de cores:

Tabela 4.3 - Correspondência de cores das áreas homogêneas

	Área homogênea
	Parques de Estacionamento
	Arruamento Circundante
	Áreas Exteriores
	Áreas Cobertas

Os principais pontos de interesse arquitetural estão assinalados com nomenclatura numérica:

Tabela 4.4 - Pontos de interesse arquitetural

Ponto de Interesse Arquitetural	
1	Entrada da Feup
2	Cisterna e Muro Antigo com Jardim
3	Parede com geometrias em destaque
4	Parede com decalque



Figura 4.17 - Entrada da FEUP



Figura 4.20 - Cisterna e muro antigo com jardim



Figura 4.19 - Parede com geometrias em destaque



Figura 4.18 - Parede com decalque

4.5 - Identificação de Zonas de Conflito

Podemos denominar zonas de conflito, como passadeiras, cruzamentos de vias ou passagens de pedestres em vias de circulação, etc. Nestas zonas de conflito, entendidas como

pontos singulares, onde é importante garantir níveis de iluminação superior para garantir condições de segurança reforçadas. Podem ser identificadas as seguintes zonas:

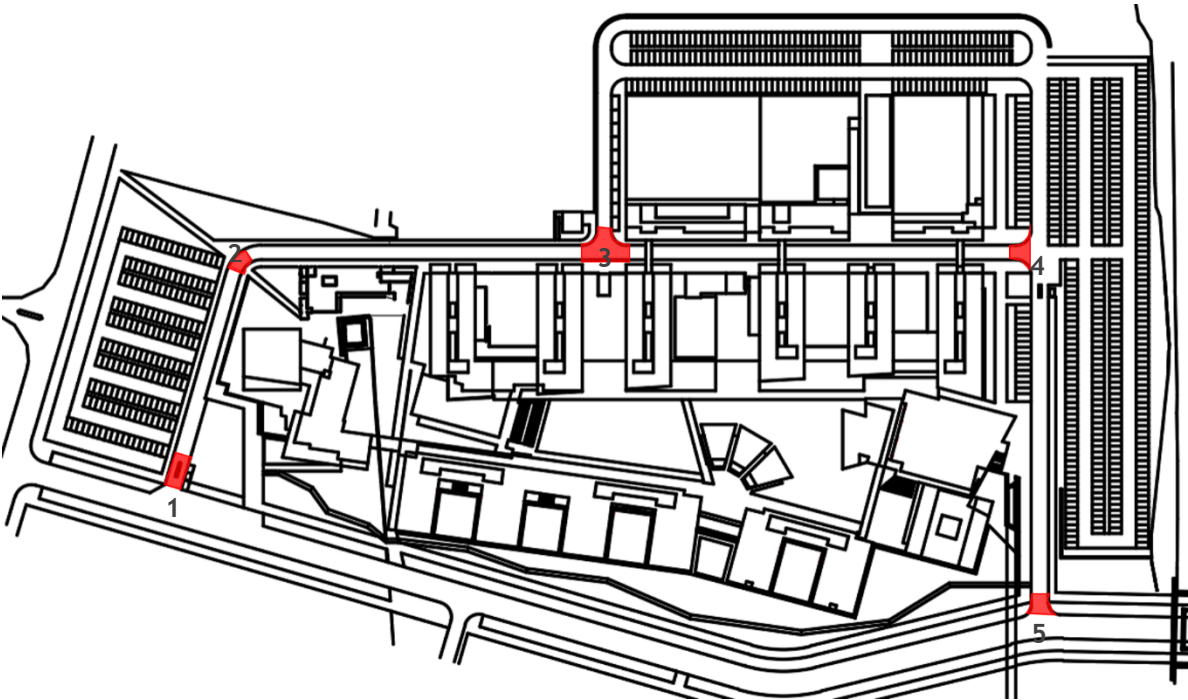


Figura 4.21 - Zonas de conflito existentes

Zona de Conflito	
1	Passadeiras, entrada/saída de veículos
2	Cruzamento entre via e caminho pedestre
3	Cruzamento de vias
4	Cruzamento de via com parque de estacionamento
5	Entrada/saída de veículos, passarela

4.6 - Mapeamento de Classes de Iluminação

Com base no quadro da série de normas EN13201, relativa a classes de iluminação, realizou-se a classificação das principais tipologias de vias e zonas singulares presentes na área do espaço abrangida pelo projeto. Esta classificação será correspondente a uma desejável harmonização e uniformização dos requisitos luminotécnicos. O mapa em anexo descreve a classificação obtida, com o auxílio de cores e da descrição correspondente.

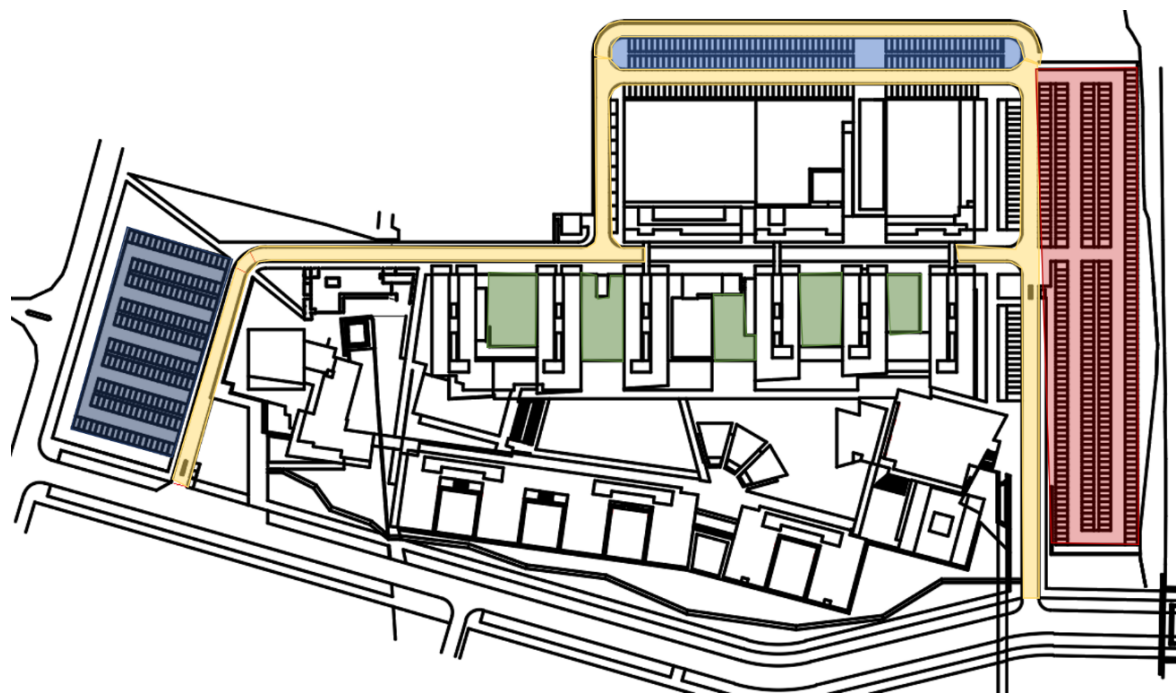






Figura 4.22 - Representação das diferentes classes de iluminação

Tabela 4.5 - Correspondência entre a cor e a classe atribuída

Área homogênea		Classificação
	Parques de Estacionamento	S4
	Arruamento Circundante	ME3a
	Parque dos Estudantes	Especial
	Parques traseiros	Especial

As tabelas seguintes demonstram o método utilizado para a classificação das diferentes áreas:

Tabela 4.6 - Método de seleção da classe de iluminação ME3a

Seleção das Classes de Iluminação - ME			
Parâmetro	Opções	Fator de Peso	Seleção
Velocidade	Alta	1	
	Moderada	0	X
	Muito Elevado	1	
Volume de Tráfego	Alto	0,5	
	Moderado	0	X
	Baixo	-0,5	
	Muito Baixo	-1	
	Elevada percentage de não motorizados	1	
Composição do Trânsito	Misturado	0,5	
	Apenas Motorizado	0	X
Separação de Faixas	Não	1	
	Sim	0	X
Densidade de Cruzamentos	Alta	1	X
	Moderada	0	
Veículos Estacionados	Presente	1	X
	Não Presente	0	
	Muito Alta	1	
Luminância Ambiente	Alta	0,5	X
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
	Fraco	0,5	X
Controlo do Trânsito	Bom	0	
	Muito Bom	-0,5	
			Total = 3

Índice (ME) = 6 – 3 = ME3a

Tabela 4.7 - Características iluminação da classe ME3a

Classe	Luminância da superfície da Estrada			Glarre
	Lavg(cd/m ²)	Uo	UI	TI(%)
ME3a	1	0,4	0,7	15

Tabela 4.8 - Método de seleção da classe de iluminação S4

Seleção das Classes de Iluminação - S			
Parâmetro	Opções	Fator de Peso	Seleção
Velocidade	Baixa	1	
	Muito Baixa	0	X
	Muito Elevado	1	
Volume de Tráfego	Alto	0,5	
	Moderado	0	X
	Baixo	-0,5	
	Muito Baixo	-1	
	Pedestres, Ciclistas e Tráfego Motorizado	1	
Composição do Trânsito	Pedestres e Tráfego Motorizado	0,5	X
	Pedestres e Ciclistas	0,5	
	Pedestres	0	
	Ciclistas	0	
	Presente	0,5	X
Veículos Estacionados	Não Presente	0	
	Muito Alta	1	
	Alta	0,5	X
Luminância Ambiente	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
			Total = 2

$$\text{Índice (S)} = 6 - 2 = S4$$

Tabela 4.9 - Características de iluminação da classe S4

Classe	Iluminância Horizontal	
	Eavg (lux)	Emin (lux)
S4	5	1

O Parque dos Estudante apresenta necessidades acrescidas de segurança, sendo um local com algum risco tanto para veículos como para as pessoas, justificando a sua classificação como uma zona especial. Pretende-se um valor de luminância média de 20 lux e uniformidade de 25%.

Os parques traseiros, localizados nos departamentos, são pequenos espaços que originalmente não previam o estacionamento de veículos, tal já não se verifica, estando o espaço ocupado por automóveis durante todo o dia, a classificação deste espaço será então especial, sendo requerido uma iluminância mínima de 2 lux.

Nas zonas de conflito anteriormente identificadas, a classe de iluminação será a imediatamente superior à definida para as vias confluentes, reforçando-se naquelas zonas as exigências de iluminação funcional.

Em particular, nos atravessamentos pedonais referenciados, deverá ficar estabelecida iluminação dedicada, de nível de luminância recomendado, com uma temperatura de cor contrastante, assegurando-se uma iluminância do plano vertical, não inferior a 5 lux.

Em toda a iluminação pública funcional, os níveis médios calculados não deverão ultrapassar 120% nem ser inferiores a 95%, dos níveis de referência correspondentes à respetiva classe.

Os espaços interiores apresentam características singulares, ao longo do tempo foram sendo ocupados por lugares de estacionamento, assim sendo, apesar da área ser reduzida, tendo em conta a sua atual função é importante assegurar um nível de iluminação que garanta a segurança dos veículos e utentes que a usufruem.

4.7 - Mapeamento de Temperaturas de Cor

Analisando a área de intervenção, é indispensável estabelecer uma hierarquia de iluminação, que respeite o ordenamento do espaço, a orientação e mobilidade, bem como levar em consideração um critério estético e de conforto visual. Dessa forma foi estabelecido o seguinte Mapa de Temperaturas de Cor de Iluminação.

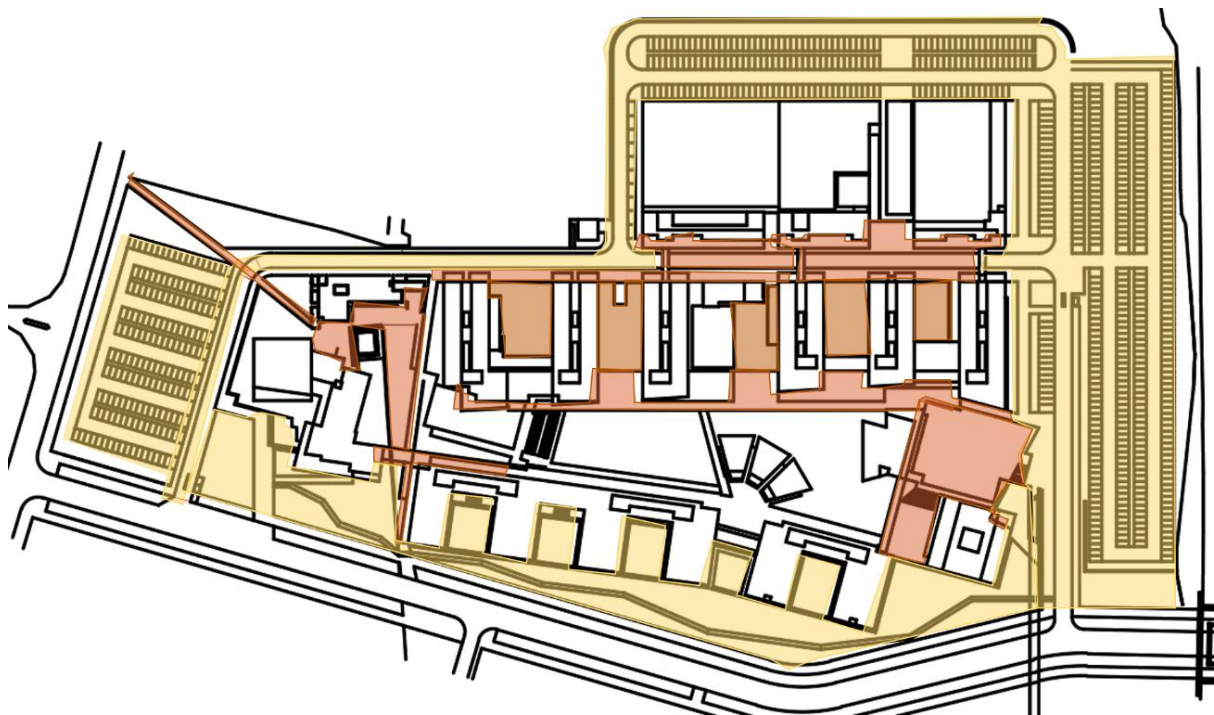




Figura 4.23 - Mapeamento das temperaturas de cor

Em concordância com a imagem acima, são designados dois intervalos de Temperatura de Cor:

Tabela 4.10 - Temperatura de cor e correspondente justificação

Temperatura de Cor	Justificação
3000K 	Nos espaços mais interiores da faculdade, como arcadas e passagens cobertas, tendo em conta as suas características mais fechadas e reservadas, assim como serem zonas frequentadas exclusivamente por pedestres, uma cor mais quente é a mais adequada tanto em termos estéticos como de conforto visual.
4000K 	No arruamento envolvente e parques de estacionamento, esta temperatura é a mais adequada para uma iluminação funcional, estas zonas são definidas pelo elevado número de veículos bem como utentes pedestres, a segurança deve ser por isso um dos critérios a ter em conta, uma iluminação de cor neutra revela-se a mais apropriada para situações de identificação de objetos e figuras.

4.8 - Propostas de Perfis Luminotécnicos

Respeitando, a definição das Áreas Homogêneas de Intervenção anteriormente referenciadas, bem como o Mapeamento de Classes de Iluminação, são identificados 4 perfis

luminotécnicos. Estes são adiante caracterizados, expondo as suas exigências tipológicas de instalação e critérios técnicos, a ser observados pelos projetistas, seja no que diz respeito à elaboração de novos projetos de iluminação, seja na requalificação das infraestruturas IP já existentes.

PERFIL 1 | Iluminação Funcional - Parques de estacionamento

Suporte vertical com altura útil não superior a 8m, luminárias fechadas com índice de proteção não inferior a IP 66, bloco ótico selado, difusor em vidro, controlo da poluição luminosa, max % ULOR = 15%, eficiência energética não inferior a 100 lm/W;

Níveis de iluminância média não inferiores a 5 lux, correspondentes aos valores mínimos da classe S4 da norma EN 13201, com exceção da zona especial do parque de estacionamento de estudantes que deverá apresentar valores de iluminância média não inferiores a 20 lux.

PERFIL 2 | iluminação funcional - arruamento circundante

Suporte vertical com altura útil não superior a 6m, luminárias fechadas com índice de proteção não inferior a IP 66, bloco ótico selado, difusor em vidro, eficiência energética não inferior a 100 lm/W;

Níveis de luminância média não inferiores a 1 cd/m², correspondentes aos da classe ME3a da EN 13201, com uma uniformidade longitudinal mínima de UL = 0,4.

PERFIL 3 | Iluminação interior - Arcadas e espaços cobertos

Consola Mural com altura útil não inferior a 2m; Luminárias fechadas com índice de proteção não inferior a IP 66, bloco ótico selado, difusor em vidro plano, eficiência energética não inferior a 100 lm/W.

PERFIL 4 | Iluminação interior - Parques traseiros

Consola Mural com altura não inferior a 6m; Luminárias fechadas com índice de proteção não inferior a IP 66, bloco ótico selado, difusor em vidro plano, eficiência energética não inferior a 100 lm/W.

Níveis de iluminância média não inferiores a 2 lux.

4.9 - Iluminação Pública, Critérios de Projeto/Intervenção

Todo o tipo de intervenções na Iluminação Pública da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, devem ter em conta e obedecer de maneira genérica aos critérios gerais referenciados de seguida, sem prejuízo das orientações específicas descritas no presente documento. É imperativo procurar soluções de Iluminação Eficiente em termos energéticos, assim sendo é imprescindível a adequada escolha dos equipamentos, tecnologia de iluminação mais atual e projetos que minimizem a fatura energética, e consequentemente, os custos de manutenção associados.

O respeito pela filosofia do projeto de iluminação inicial, caso a tecnologia existente o permita, nomeadamente mantendo a filosofia de reflexão de luz nos tetos das arcadas e espaços cobertos. A singularidade da entrada principal da faculdade, esta com uma iluminação publica muito diminuída, recebendo contribuições da iluminação do parque principal, esta linha de pensamento é justificada por ser criado um contraste com a entrada interior da faculdade que se encontra constantemente iluminada, sendo este espaço um cartão de visita à faculdade.

Deve procurar atingir-se um equilíbrio entre a iluminação funcional, imprescindível à fruição segura no espaço público, e a componente de valorização estética, num espaço com diversas singularidades que poderiam ser aproveitadas. Deve procurar atingir-se um equilíbrio entre a iluminação funcional, imprescindível à fruição segura no espaço público, e a componente de valorização estética

É de extrema importância assegurar um controlo rigoroso dos valores de ULOR e evitar encadeamentos indesejáveis. O espaço da faculdade é essencialmente pedonal, exigindo níveis de iluminação mínimos, bem como de apontamentos que valorizem a arquitetura dos edifícios e tornem agradável o ambiente noturno.

Em conclusão, o objetivo será o de impulsionar não a quantidade, mas sim a qualidade e eficiência da instalação de iluminação do local, sem desprezar a componente estética, promovendo a valorização e maior atratividade do espaço.

4.10 - Iluminação Arquitetural, Critérios de Projeto/Intervenção

Ao nível das intervenções na Iluminação Arquitetural na Faculdade de Engenharia, estas devem considerar e acatar genericamente os critérios gerais a seguir citados, sem o prejuízo das orientações específicas constantes do presente plano. Como sempre, procurar uma iluminação eficiente em termos energéticos, escolhendo equipamentos com a tecnologia de iluminação mais atual, bem como a implementação de projetos que minimizem a fatura ID e por consequência minimizem os custos de manutenção associados.

Instalar iluminação de baixa luminância, tendo em conta o conceito global do projeto. Evitar, a todo o custo, a visualização direta das fontes de luz, estas devem ser o mais discretas possível, caso tal não seja possível, avaliar a utilização dos acessórios indispensáveis ao controlo de fluxo luminoso, de modo a prevenir a iluminação intrusiva nas áreas adjacentes e do mesmo modo evitar a manifestação de fenómenos de poluição luminosa.

Acima de tudo, valorizar a arquitetura existente, criando contrastes sombra-luz ou com utilização de diferentes temperaturas de cor, resultando em interessantes contrapontos na uniformidade de luminância, dando atenção aos detalhes da arquitetura e de certa forma enriquecendo-a.

O índice de restituição cromática da luz utilizada devendo ser em regra, igual ou superior a 80.

4.11 - Gestão de Manutenção e Níveis de Serviço

A manutenção da instalação permite o seu correto funcionamento durante mais tempo, minimizando as falhas de serviço prevenindo-as e eventualmente corrigindo-as. A manutenção preventiva promove a longevidade da instalação preservando-a no seu estado de maior eficiência. Deste modo, uma gestão da manutenção ajustada ao projeto é de elevada importância, esta deve ser adequada às características e tecnologia do equipamento instalado.

É também de ter em conta a possibilidade de uma monitorização regular dos níveis de serviço, mais particularmente no que se refere aos valores de iluminação garantidos, por forma a caracterizar a sua degradação e assegurar a prevalência da conformidade dos valores de iluminação atribuídos pelas Classes de Iluminação atribuídas no presente documento, propondo-se a realização de inspeções trianuais.

4.12 - Plano de Gestão Energética

Um dos aspetos mais significativos de qualquer instalação elétrica, sendo neste caso de iluminação, passa por reduzir a fatura energética, um bom plano de gestão energética pode fazer a diferença ao abranger uma série de procedimentos possíveis de ser realizados.

Definidas anteriormente neste documento, as Classes de Iluminação devem ser estritamente respeitadas, os valores por elas estabelecidos, quando aplicados, representam uma redução considerável da fatura energética, outro ponto a ter em conta e já exposto anteriormente será a indispensável reconversão da tecnologia atual e da mesma maneira a alteração de alguns conceitos de projeto original.

Contudo, um Plano de Gestão Energética vai além destes princípios, neste caso podem ser aplicadas diversas metodologias que tratam um grande impacto na fatura energética da instalação, adaptando a iluminação à sazonalidade e aos ciclos de ocupação do espaço público, em concordância com um *dimming* ajustado das instalações e/ou até o seu total desligamento seletivo, estes métodos devem ser avaliados caso a caso, em relação ao investimento inicial que representam.

Nesta perspetiva, é oportuno considerar algumas recomendações, mais nomeadamente nas zonas de iluminação funcional, a instalação de luminárias eficientes equipas com balastro programável, isto possibilita a regulação do fluxo da luminária podendo este ser ajustado conforme o horário de funcionamento, sendo estabelecida a classe de iluminação deste período a classe imediatamente inferior a estabelecida para o período de funcionamento de maior exigência de fluxo.

Capítulo 5

Projeto de Iluminação Pública

Após a elaboração do Plano Diretor de Iluminação é apresentado uma opção de projeto de requalificação da iluminação publica a implementar na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Respeitando as normas impostas pelo PDIP, o enquadramento da luz no espaço público será projetado segundo uma hierarquia dos níveis de iluminação bem como o uso de temperaturas de cor diferenciada.

Atualmente, a tecnologia que apresenta melhores resultados a nível de eficiência energética é a tecnologia LED, assim esta será a principal opção de implementação neste projeto de iluminação.

A iluminação do campus da Faculdade de Engenharia pode ser dividida em 3 aspetos distintos, a iluminação funcional, que compreende os parques de estacionamento principais e o arruamento circundante, a iluminação mais interior, caracterizada pela iluminação das zonas cobertas e restantes áreas dos edifícios e a iluminação arquitetural.

5.1 - Iluminação Funcional

De acordo com o PDIP, as áreas com iluminação funcional compreendem os parques de estacionamento, das visitas, alunos e INESC, bem como o arruamento circundante. A tecnologia atualmente presente como iluminação funcional encontra-se datada e gravemente degradada, estando instalada ainda iluminação de vapor de sódio por toda a extensão dos parques e arruamento, tecnologia conhecida como muito pouco eficiente.

5.1.1 - Parques de Estacionamento

Nos parques, a instalação original não satisfaz os níveis mínimos de iluminância requerida para parques de estacionamento, tendo sido instalados posteriormente, como modo de compensação, luminárias de tecnologia LED. O equipamento instalado é, no entanto,

inadequado ao local, com intensidade exagerada, temperatura de cor muito elevada e acima de tudo níveis de ULOR excessivos, consequentes de uma inclinação de luminária muito superior aos 0°.



Figura 5.1 - Exemplo do encadeamento incomodativo presente no parque principal



Figura 5.2 - Exemplo de Encadeamento incomodativo no parque do INESC

O primeiro passo desta intervenção passa por remover as luminárias LED do local e todo o equipamento a elas associado, incluindo postes, de seguida será realizada a substituição da tecnologia original, vapor de sódio, por tecnologia LED atualizada e apropriada.

Todos os parques apresentam características que os diferenciam, sendo de ter em conta diferentes pensamentos para cada um.

Utilizar-se-á, como referência, o ponto de luz “Piano” da Schröder Iluminação, numa filosofia de coerência e uniformidade, adaptando a tecnologia às diferentes áreas consideradas.

Pretende-se o aproveitamento máximo da instalação elétrica já existente, prevendo-se a instalação da nova tecnologia nos mesmos locais.

5.1.1.1 - Parques de Estacionamento de visitas

Este parque situado na entrada da faculdade é caracterizado pela presença de arborização, podendo ser descrito como um “cartão de visita” da faculdade, sendo a primeira impressão do visitante à instituição. Neste sentido a filosofia do projeto passa por torná-lo um espaço aconchegante e estético aliando a presença de vegetação à iluminação.



Figura 5.3 - Parque de visitas

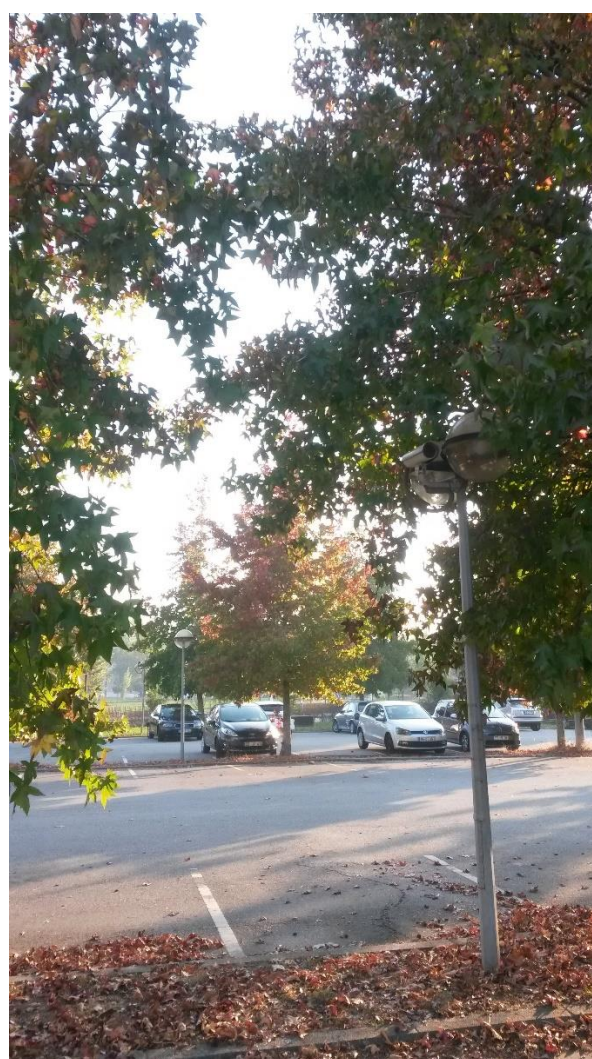


Figura 5.4 - Parque de visitas

Pretende-se a instalação da luminária “Piano” no modelo Midi, 32 LEDs, em conjunto duplo, com postes de 8m de altura, coluna troncocónica, ótica de IP 5102, 500mA e braço Techni.cal de 600mm, inclinação de 0°. A altura mais reduzida dos postes origina um ambiente mais acolhedor, ao colocar as luminárias mais próximas da copa das árvores, o braço permite que a luminária saia das copas iluminando o espaço uniformemente.

Além disto será instalada a luminária no modelo Mini de 24 LEDs, conjunto simples, ótica 5102, 500mA, coluna troncocónica com altura de 6m e braço Techni.cal de 300mm com inclinação de 0°, esta instalação será localizada nas extremidades do parque, o que irá salientar ainda mais o ambiente fechado e confortável do espaço.



Figura 5.5 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.1 - Legenda das luminárias propostas e características correspondentes

Simbologia	Tipologia de Foco
	Luminária Plano Mini, 24 LEDs, conjunto simples, ótica 5102, 500mA, 6m de altura, coluna troncocônica, braço Techni.cal 300mm, 4000K
	Luminária Plano Midi, 32 LEDs, conjunto duplo, ótica 5102, 500mA, 8m de altura, coluna troncocônica, braço Techni.cal, 600mm, 4000K

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:



Design: Michel Tortel

Grau de estanquicidade		
Bloco ótico		IP 66 LEDSafe®
Bloco eletrónico		IP 66 (*)
Resistência ao choque	Vidro	IK 08 (**)
Resistência aerodinâmica (CxS)	Mini	0.040m²
	Midi	0.057m²
	Maxi	0.070m²
Tensão nominal		230V - 50Hz
Classe elétrica		I ou II (*)
(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282		
Peso	Mini	7kg
	Midi	8.7kg
	Maxi	14.5kg
Altura de instalação:	Mini	3.5 - 6m
	Midi	4 - 8m
	Maxi	8 - 12m
Materiais		
Corpo + Tampa		Alumínio injetado
Difusor		vidro plano extra-claro
Cor		AKZO black 200

Figura 5.6 - Luminária "Piano" e respetivas características

Os estudos de luz realizados com recurso ao Ulysses 3, apresentam os resultados de iluminância seguintes, que respeitam a classificação do espaço como S4:

Tabela 5.2 - Características de iluminação obtidas

Emed (lux)	Emin (lux)	Emax (lux)	Min/med (%)	Min/Max (%)
11,7	5,9	17,6	50	33

5.1.1.2 - Parques de Estacionamento do INESC

O parque do INESC é caracterizado por fazer parte do arruamento, tendo então necessidades especiais de luz. Será utilizado o mesmo modelo, Piano Midi, mas com ótica assimétrica 5120, esta projeta a luz num ângulo de 45°, o que permite uma maior cobertura do local por luz, sem originar ULOR, pois a luminária continua com um ângulo de 0°. A luminária será de 48 LEDs, conjunto duplo com altura de 8m, coluna troncocónica e braço Techni.cal de 600mm, possibilitando a cobertura total do espaço.

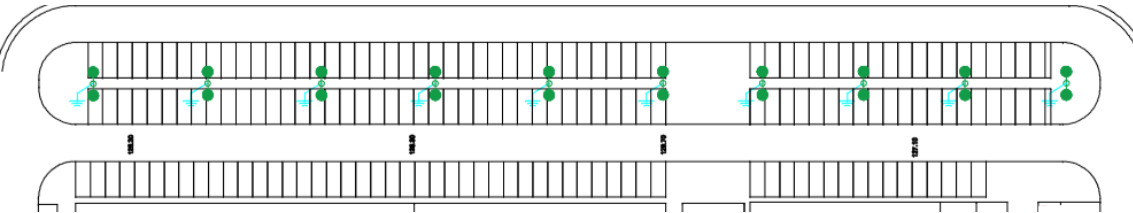


Figura 5.7 - Representação da proposta de instalação

Tabela 5.3 - Simbologia e características correspondentes

Simbologia	Tipologia de Foco
	Luminária Piano Midi, ótica 5120, 48 LEDs, conjunto duplo, 500mA, 8m de altura, coluna trococónica, braço Techni.cal, 600mm, 4000K

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:



Design: Michel Tortel

Grau de estanquicidade	
Bloco ótico	IP 66 LEDSafe®
Bloco eletrônico	IP 66 (*)
Resistência ao choque	Vidro IK 08 (**)
Resistência aerodinâmica (CxS)	Mini 0.040m²
	Midi 0.057m²
	Maxi 0.070m²
Tensão nominal	230V - 50Hz
Classe elétrica	I ou II (*)
(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62262	
Peso	Mini 7kg
	Midi 8.7kg
	Maxi 14.5kg
Altura de instalação:	Mini 3.5 - 6m
	Midi 4 - 8m
	Maxi 8 - 12m
Materiais	
Corpo + Tampa	Alumínio injetado
Difusor	vidro plano extra-claro
Cor	AKZO black 200

Figura 5.8 - Luminária "Piano" e respectivas características

Os valores de iluminância obtidos com recurso aos estudos de luz realizados no Ulysses 3 podem ser verificados abaixo, assim como o seu respeito pela classificação de S4 atribuída pelo PDIP.

Tabela 5.4 - Características de iluminação obtidas através do estudo de luz

Emed (lux)	Emin (lux)	Emax (lux)	Min/med (%)	Min/Max (%)
33,8	1,1	75,7	3	1

5.1.1.3 - Parques de Estacionamento dos Alunos

O parque dos alunos apresenta-se como uma exceção, este é o parque com maior ocupação da faculdade e tem tido ao longo dos anos variados problemas de segurança, tanto de veículos como de pessoas, deve ser por isso tratado com especial cuidado. Respeitando a sua classificação como pelo PDIP como um local especial, a instalação neste parque será diferenciada, recaindo a escolha na luminária Voltana 5, de 64LEDs, ótica 5121, conjunto duplo, 700mA, será realizado o aproveitamento das colunas octogonais galvanizadas de 12m instaladas pelos diferentes parques da faculdade, sem braço e inclinação de 0°.

Esta escolha é baseada no perfil diferenciado deste parque, sendo um espaço mais técnico do que estético, com diferentes necessidades de iluminação, assim a luminária "Voltana" será a mais indicada, além do mais é de preço mais reduzido, o que compensará no aumento de potência aplicada.

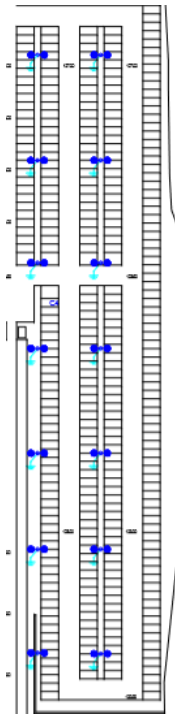


Tabela 5.5 - Simbologia e respetiva luminária com as suas características

Simbologia	Tipologia de Foco
	Luminária Voltana 5,64 LEDs, 700Ma, ótica 5121, coluno octogonal, altura de 12m, sem braço, 4000K

Figura 5.9 - Representação de proposta de instalação

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:

Gama Lumen package (fluxo nominal)	700 a 25,200lm
Estanquicidade bloco ótico	IP 66 (*)
Estanquicidade bloco acessórios	IP 66 (*)
Resistência ao choque (vidro)	IK 08 (**)
Tensão nominal	120 - 277V - 50 - 60Hz
Classe elétrica	I ou II (*) - US Class 1
(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282	
Peso	Voltana 0 2,6Kg
	Voltana 1 4kg
	Voltana 2 5kg
	Voltana 3 6kg
	Voltana 4 8kg
	Voltana 5 12kg
Materiais	
Corpo	Alumínio injetado
	PC em algumas versões Voltana 0
Difusor	Vidro
Cor	RAL 7038

Figura 5.10 - Luminária "Voltana" e respetivas características

O PDIP requer que o valor mínimo de iluminância média neste parque considerado especial seja de 20 lux, os estudos de luz realizados com esta luminária originam os seguintes valores que respeitam este requerimento:

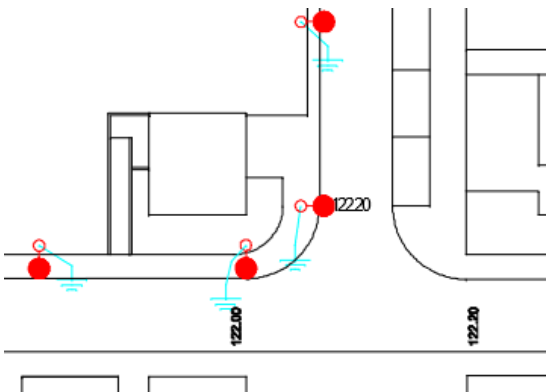
Tabela 5.6 - Resultados obtidos através do estudo de luz

Emed (lux)	Emin (lux)	Emax (lux)	Min/med (%)	Min/Max (%)
31	9,4	73,5	30	13

5.1.2 - Arruamento Circundante

Se observarmos a planta, o arruamento circundante conecta os três parques de estacionamento. Assim sendo, seria boa filosofia utilizar a mesma tecnologia, adaptada a esta zona. Desta forma, prevê-se a instalação da luminária “Piano” no modelo Mini. Este modelo, de menores dimensões será mais apropriado ao objetivo desta área, ficando esteticamente MAIS agradável, as restantes características passam por utilizar 24 LEDS, 500mA, ótica 5102 e coluna troncocónica de 6m, com braço Techni.cal de 300mm e inclinação de 0°.

A instalação irá beneficiar, como já foi referido, das localizações da instalação antiga, colocando os postes nos mesmos locais. No entanto, existem algumas exceções, como é caso da luminária colocada na zona de conflito 3, que será substituída por duas luminárias nos seguintes locais.



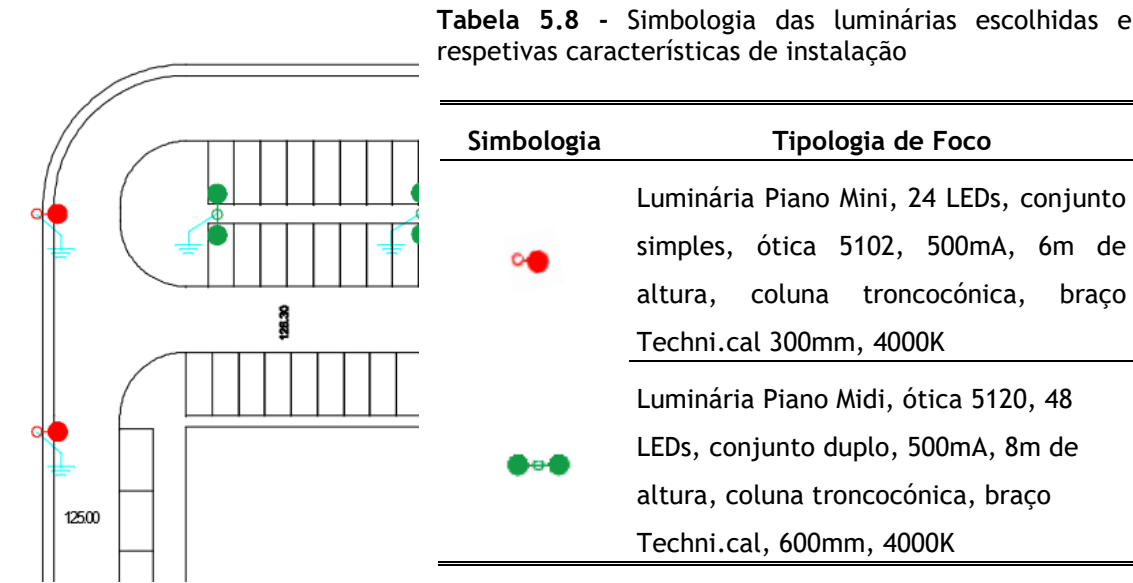


Figura 5.12 - Representação da instalação proposta

Por fim, a continuidade do arruamento pelo parque dos alunos que será projetado da mesma forma, mas com luminárias de conjunto duplo, iluminando assim também o passeio, alguns lugares de estacionamento e zonas de jardim.

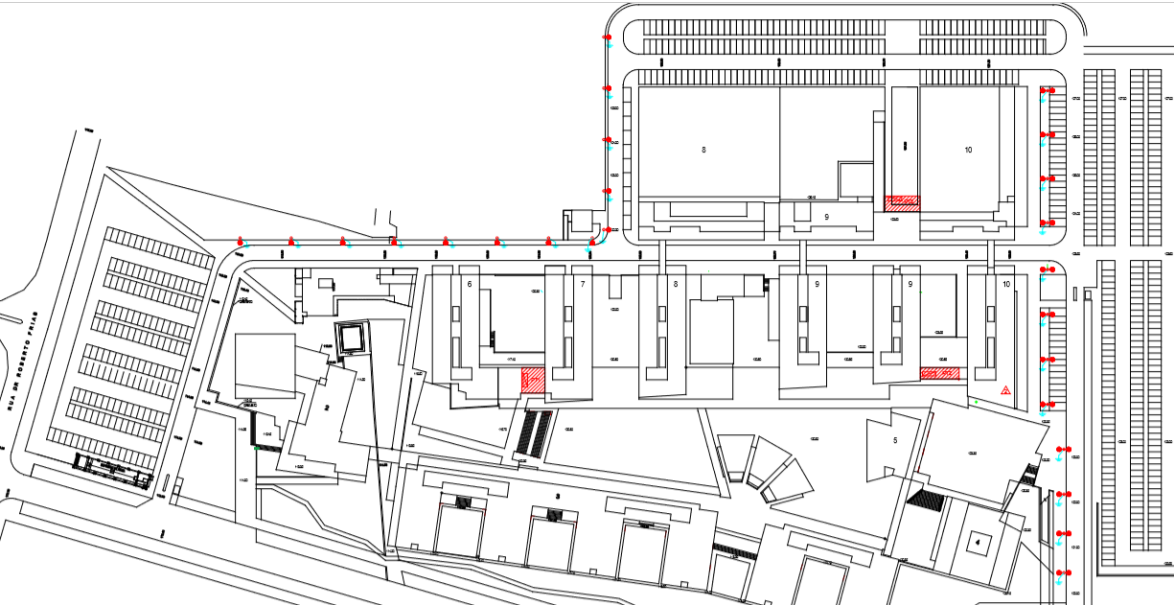



Figura 5.13 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.9 - Simbologia da luminária escolhida e características da sua instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
	Luminária Piano Mini, 24 LEDs, conjunto simples, ótica 5102, 500mA, 6m de altura, coluna troncocônica, braço Techni.cal 300mm, 4000K

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:

The image shows three views of the Piano luminaire. The top view is a side profile showing the long, thin body and the series of small, rectangular light modules. The middle view is a front view showing the luminaire's width and the arrangement of the light modules. The bottom view is a back view showing the mounting bracket and the rear of the luminaire. The word 'PIANO' is written vertically in white capital letters on the left side of the image.

Design: Michel Tortel

Grau de estanquicidade

Bloco ótico IP 66 LEDSafe®

Bloco eletrónico IP 66 (*)

Resistência ao choque Vidro IK 08 (**)

Resistência aerodinâmica (CxS) Mini 0.040m²

Midi 0.057m²

Maxi 0.070m²

Tensão nominal 230V - 50Hz

Classe elétrica I ou II (*)

(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282

Peso Mini 7kg

Midi 8.7kg

Maxi 14.5kg

Altura de instalação: Mini 3.5 - 6m

Midi 4 - 8m

Maxi 8 - 12m

Materiais

Corpo + Tampa Alumínio injetado

Difusor vidro plano extra-claro

Cor AKZO black 200

Figura 5.14 - Luminária "Piano" e respetivas características

Os valores de luminância obtidos pelo estudo de luz do arruamento principal podem ser verificados na tabela seguinte, de notar que a uniformidade média não cumpre o requerido apresentando o valor de 39% quando deveria ser de 40%, no entanto esta diferença não é significativa e não deve ser impeditiva desta opção de projeto.

Tabela 5.10 - Características de iluminação obtidas no estudo de luz realizado

Imed (cd/m²)	Imin (cd/m²)	U ₀ (%)	U ₁ 1 (%)	U ₁ 2 (%)
1,37	0,54	39	88	84

5.2 - Iluminação Interior

A tecnologia instalada atualmente data do projeto original, embora o material seja de excelente qualidade, a tecnologia já não é a mais eficiente, sendo de considerar a sua substituição ou se possível a adaptação para tecnologia LED.

O projeto original tem como base dois tipos de filosofia, nas arcadas uma instalação em consola mural com projetores direcionados para o teto iluminando toda a zona com o efeito de reflexão de luz e a complementação da iluminação dos espaços abertos com luminárias de encastrar Bega nas partes inferiores da parede.

A intervenção prevê a substituição de todas as luminárias das arcadas pelo equipamento Schröder Neos 1, 24 LEDs, 500mA, ótica 5102, esta com tecnologia LED revela-se mais eficiente e o seu *design* é mais discreto e atrativo do que as luminárias anteriormente instaladas, a filosofia de instalação respeitará o projeto original, com os projetores direcionados para cima, iluminando o espaço com ajuda do fenómeno de reflexão de luz nos tetos e paredes.

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:

NEOS LED

Design: Michel Tortel

Grau de estanquicidade

Bloco ótico

IP 66 (*)

Resistência aos choques

(vidro)

IK 08 (**)

Resistência aerodinâmica

(CxS)

Neos LED 1 0.024m²

Neos LED 2 0.047m²

Neos LED 3 0.062m²

Tensão nominal

230V - 50Hz

Classe elétrica

I ou II (*)

(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282

Peso (vazio)

Neos LED 1 1.8kg

Neos LED 2 5kg

Neos LED 3 8kg

Materiais

Corpo + tampa

Alumínio injetado pintado

Difusor

Vidro

Cor

AKZO 900 cinzento areado

Figura 5.15 - Luminária "NEOS" e respetivas características

No que diz respeito às luminárias Bega, estas ainda estão em excelentes condições, antevê-se o *retrofit* de todas as luminárias para tecnologia LED e substituição dos vidros que se encontrem danificados. Esta solução é bastante vantajosa, sendo o investimento *no retrofit* muito reduzindo em relação à total substituição do equipamento. O *retrofit* será também realizado nos candeeiros de teto Bega localizados em algumas arcadas dos edifícios.

5.2.1 - Parques dos Departamentos

As áreas traseiras aos departamentos têm atualmente a função de estacionamento, encontrando-se veículos estacionados todos os dias, aumentando as necessidades de segurança e iluminação da zona, tanto para veículos como para os restantes utentes. A iluminação instalada de momento tem como base luminárias Bega encastradas nas paredes, como é de concluir a iluminação é insuficiente para as novas atividades destes espaços. De modo a corrigir esta lacuna, foram posteriormente instaladas umas luminárias com tecnologia LED, apresentadas nas imagens abaixo. No entanto, esta não é a melhor solução. A temperatura de cor é demasiado fria, contrastando excessivamente com a temperatura de cor da via adjacente, o seu desenho cria encadeamentos indesejáveis a quem usufrui do espaço e a quem frui pela

via e para finalizar esta luminária é de potência elevada, contribuindo negativamente para o balanço energético final.

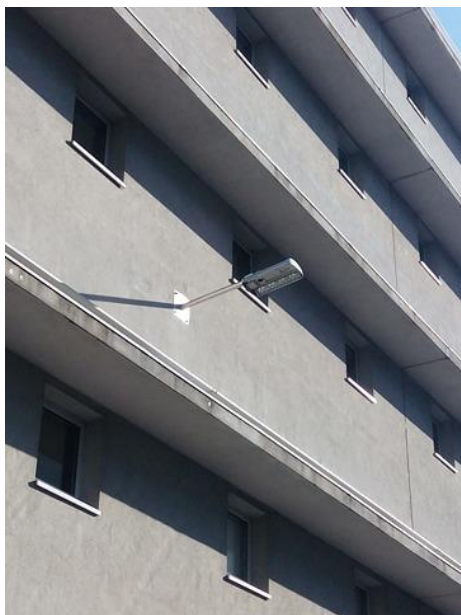


Figura 5.16 - Luminárias LED instaladas nos parques dos departamentos



Figura 5.17 - Exemplo do encadeamento incomodativo presente nos parques dos departamentos

A intervenção nestes espaços passa por, como já foi referido, realizar o *retrofit* das luminárias Bega e substituir as restantes luminárias por uma opção viável.

No seguimento do pensamento da instalação da luminária Neos 1, 24 LEDs e 500mA, pelo interior da faculdade, propõe-se a instalação desta mesma luminária com ótica assimétrica 5120 que irá permitir a total cobertura do espaço sem causar encadeamentos indesejados, a temperatura de cor instalada será de 3000K. A configuração da instalação será a seguinte:

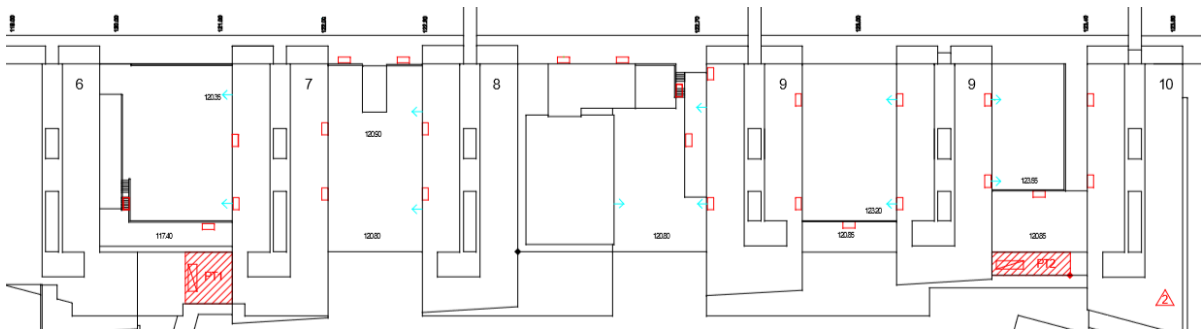



Figura 5.18 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.11 - Simbologia das luminárias instaladas e respetivas características de instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
	Retrofit LED, 2000lm, Projetor Encastrar Bega Existente, 3000K



Luminária Neos 1, ótica 5120, 24 LEDs, 500mA, 3000K

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:

NEOS LED

Design: Michel Tortel

Grau de estanquicidade

Bloco ótico

IP 66 (*)

Resistência aos choques

(vidro)

IK 08 (**)

Resistência aerodinâmica

(CxS)

Neos LED 1 0.024m²

Neos LED 2 0.047m²

Neos LED 3 0.062m²

Tensão nominal

230V - 50Hz

Classe elétrica

I ou II (*)

(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282

Peso (vazio)

Neos LED 1 1.8kg

Neos LED 2 5kg

Neos LED 3 8kg

Materiais

Corpo + tampa

Alumínio injetado pintado

Difusor

Vidro

Cor

AKZO 900 cinzento areado

Figura 5.19 - Luminária "NEOS" e respetivas características

Os resultados do estudo de luz obtidos para estas diferentes áreas podem ser observados no registo abaixo onde também se verifica o cumprimento do valor de iluminância média mínima de 2 lux requerido pelo PDIP, os valores de iluminância mínima obtidos são relativamente baixos. No entanto, não podemos esquecer a contribuição da iluminação dos projetores Bega existentes que irão cobrir estas falhas na iluminação e aumentar também os valores de uniformidade:

Tabela 5.12 - Características de iluminação obtidas no estudo de luz

Parque	Emed (lux)	Emin (lux)	Emax (lux)	Min/med (%)	Min/Max (%)
1	4,9	0,2	10	3	2
2	2,5	0,3	4,8	10	5
3	7,2	0,8	19	12	4
4	5,9	0,3	15	6	2
5	6,9	0,7	17,8	11	4

5.2.2 - Zona da Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto (FCNAUP)

Na zona traseira da faculdade, existe uma área vazia, anexa aos armazéns que de momento é ocupada pelas instituições da FCNAUP. Esta é uma área de dimensões consideráveis, mas com parca iluminação, uma intervenção nesta zona poderia apoiar não só a entrada para

a faculdade, que se encontra no local provisoriamente, como iluminar as entradas aos armazéns, o caminho adjacente para os departamentos e até ter algumas contribuições de luz para o arruamento e lugares de estacionamento mais próximos, aumentando a uniformidade de iluminação nessas zonas.

Assim, prevê-se a instalação de equipamento Neos 1, 24 LEDS, 500 mA e ótica assimétrica 5120, distribuídos da seguinte forma:

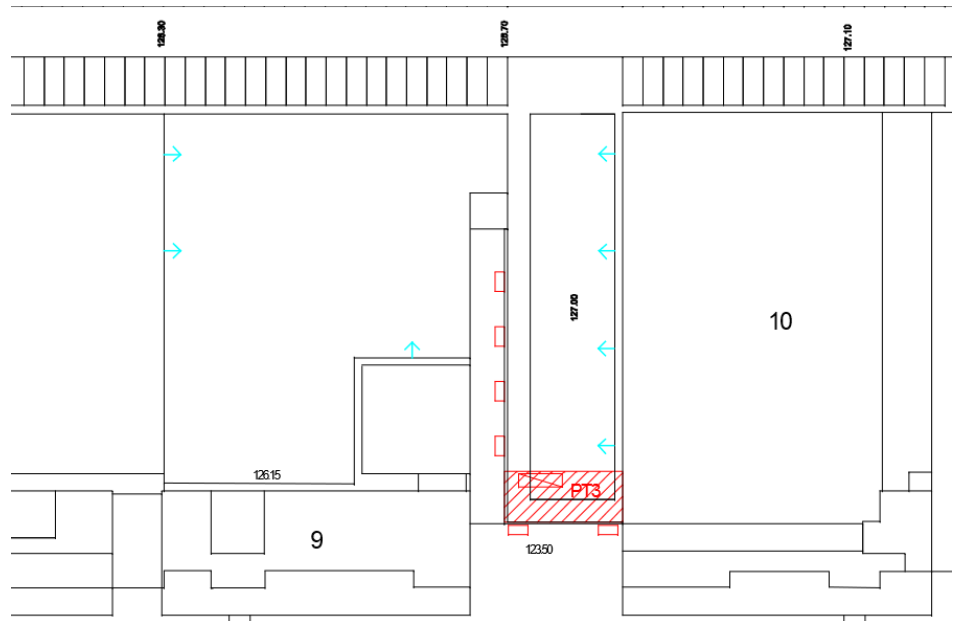


Figura 5.20 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.13 - Simbologia da luminária escolhida e respetivas características de instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
	Retrofit LED, 2000lm, Projetor Encastrar Bega Existente, 3000K
	Luminária Neos 1, ótica 5120, 24 LEDs, 500mA, 3000K

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:

NEOS LED

Grau de estanquidade

Bloco ótico	IP 66 (*)
Resistência aos choques	(vidro) IK 08 (**)
Resistência aerodinâmica	(CxS)
	Neos LED 1 0.024m²
	Neos LED 2 0.047m²
	Neos LED 3 0.062m²

Tensão nominal 230V - 50Hz

Classe elétrica I ou II (*)

(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282

Peso (vazio)

Neos LED 1	1.8kg
Neos LED 2	5kg
Neos LED 3	8kg

Materiais

Corpo + tampa	Alumínio injetado pintado
Difusor	Vidro

Figura 5.21 - Luminária "NEOS" e respetivas características

5.2.3 - Área da Biblioteca/Bar

A área em frente à biblioteca está exclusivamente iluminada por luminárias Bega, recebendo contribuições da instalação do parque dos alunos e da iluminação da entrada da biblioteca, concluiu-se que esta iluminação seria suficiente, este espaço serve de passagem para o parque e sendo bastante amplo a iluminação ambiente será aceitável. Neste sentido, será realizado o *retrofit* das luminárias Bega e serão substituídas as luminárias da entrada do edifício da biblioteca pelo equipamento 55823 K3, 983 lm da Bega a contribuição desta instalação será crucial na envolvente do espaço.

O bar da biblioteca encontra-se com a iluminação em funcionamento durante toda a noite, as paredes envidraçadas permitem que toda a zona exterior seja iluminada. No entanto a escadaria está escurecida, esta sendo uma zona com necessidades de luz especiais, propícia a acidentes, requer um tratamento especial. Para equilibrar esta situação foi posteriormente instalada mais uma luminária com tecnologia LED, esta igual às que encontramos nos parques traseiros aos departamentos, como já foi referido, esta luminária tem um desenho pouco eficiente, originando encadeamentos a quem circula pela escadaria para além de ser esteticamente pouco discreta.

Pretende-se a substituição deste equipamento e seguindo a filosofia do restante projeto, será instalada a luminária NEOS 1, ótica 5102, 500mA, porém não será instalada no mesmo local, mas cerca de alguns cm para a direita, em alinhamento com o ultimo degrau da escadaria.

Na parte traseira do edifício da biblioteca existe um passeio que dá acesso ao parque e ao exterior da faculdade, este é utilizado diariamente por centenas de alunos a todas as horas do dia, no entanto a sua iluminação é muito pobre, não estando iluminado a não ser por meras contribuições da iluminação do parque de estudantes o que não se revela suficiente. Pretende-se a instalação de duas luminárias Bega, 24208 K4, 1668lm, estas muito semelhantes aos restantes projetores de encastrar instalados por toda a faculdade, que irão iluminar este caminho e sem dúvida fazer a diferença.

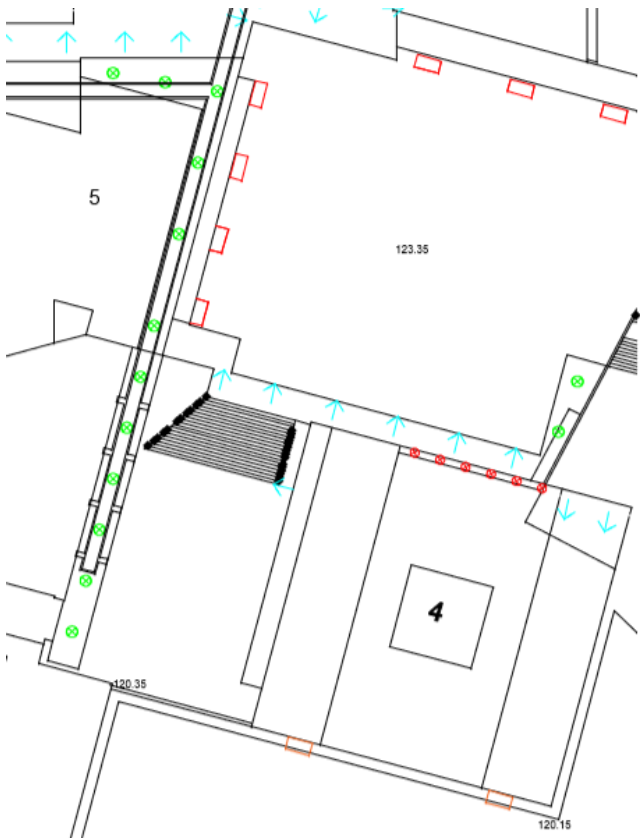







Figura 5.22 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.14 - Simbologia da luminária e respectivas características de instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
	Retrofit LED, 2000lm, Projetor Encastrar Bega Existente, 3000K
	Retrofit LED, 2000lm, Projetor de Teto Bega Existente, 3000K
	Luminária Bega, 24208 K4, 1668lm, 500mA, 4000K
	Luminária Bega, 55823 K3, 983 lm, 500mA, 3000K
	Luminária Neos 1, ótica 5120, 24 LEDs, 500mA, 3000K

As luminárias a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:



NEOS LED

Design: Michel Tortel

Grau de estanquidade

Bloco ótico IP 66 (*)

Resistência aos choques (vidro) IK 08 (**)

Resistência aerodinâmica (CxS)

Neos LED 1	0.024m²
Neos LED 2	0.047m²
Neos LED 3	0.062m²

Tensão nominal 230V - 50Hz

Classe elétrica I ou II (*)

(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282

Peso (vazio)

Neos LED 1	1.8kg
Neos LED 2	5kg
Neos LED 3	8kg

Materiais

Corpo + tampa Alumínio injetado pintado

Difusor Vidro

Cor AKZO 900 cinzento areado

Figura 5.23 - Luminária "NEOS" e respetivas características

Protection class IP 65

Cast aluminium, aluminium and stainless steel

Safety glass

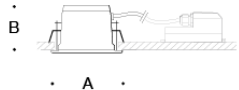

Reflector made of pure anodised aluminium

0.5 m connecting cable with plug

An external power supply unit is required to operate these luminaires.

We supply the luminaires 55 821 - 55 822 with an external, non-dimmable power supply unit.

The luminaire luminous flux and the luminaire connected wattage quoted in the table might change as a result of technical progress. On our website you will find data sheets with information on each luminaire concerning not only the current values but also the LED service life and the luminous flux in relation to the respective colour temperature.



Symmetrical narrow beam light distribution

	Lamp		β	A	B	Recessed opening	AC/DC	
55 821 K3	LED	6.0 W	322 lm	28°	80	65	Ø 71 x 75	✓
55 823 K3	LED	15.0 W	983 lm	15°	120	70	Ø 97 x 110	✓
55 825 K3	LED	21.0 W	1253 lm	16°	160	85	Ø 128 x 90	✓
55 827 K3	LED	21.8 W	1607 lm	13°	180	90	Ø 160 x 95	✓
55 829 K3	LED	41.4 W	3206 lm	14°	240	110	Ø 202 x 115	✓

Figura 5.24 - Luminária 55823 K3 e respetivas características

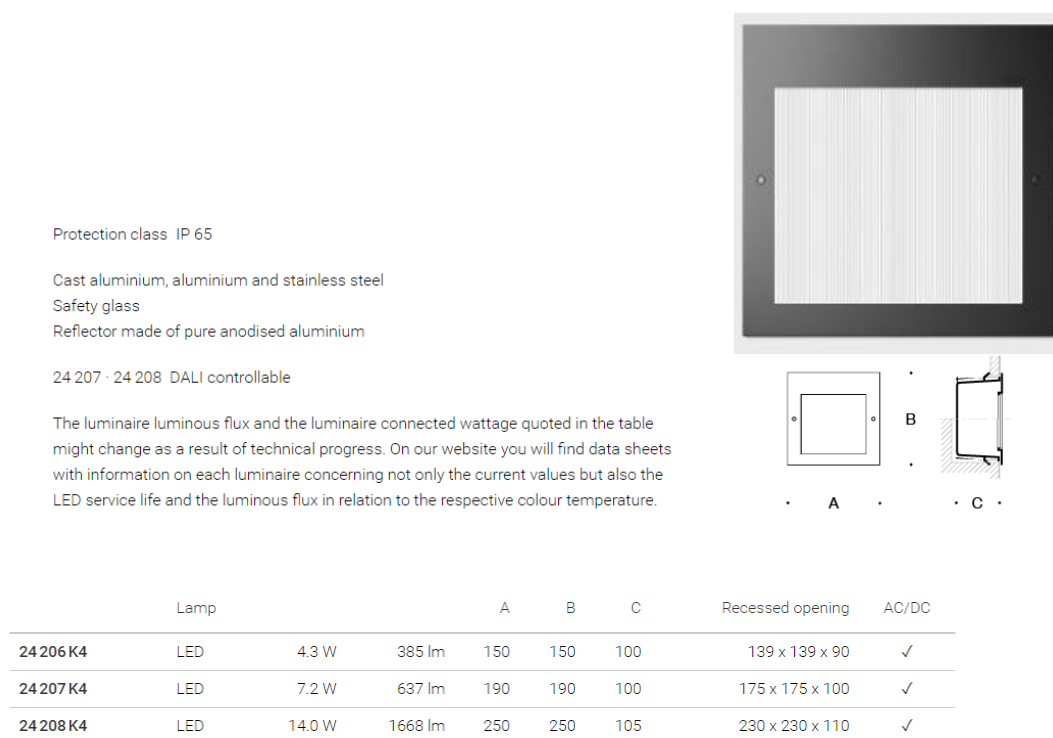


Figura 5.25 - Luminária 24208 K4 e respetivas características

5.2.4 - Zona da Cafeteria e Caminho Pedestre

O edifício da cafeteria foi construído posteriormente aos restantes edifícios da faculdade, a sua iluminação exterior foi planeada seguindo a filosofia do projeto original, o equipamento foi escolhido para se assemelhar ao restante equipamento instalado. A construção deste novo edifício originou várias áreas obscurecidas, estas transitadas por alunos todos os dias, dando acesso ao exterior da faculdade para autocarros e metro. Deste modo, esta zona requer uma atenção especial no que diz respeito a assegurar a segurança de quem a usufrui.

A solução passa por substituir as luminárias de chão pela luminária Ponto da Schröder, esta com função de iluminação apresentará 3 LEDs, feixe médio e 330 lm. Como já mencionado, o *retrofit* das luminárias Bega e ainda a substituição das luminárias da Kreon localizadas na porta traseira da cafeteria pelo projetor Bega, 24208 K4, 1668lm.

Prevê-se ainda a instalação de 3 luminárias NEOS 1, 500mA, 24 LEDs, ótica 5120, na fachada do edifício do departamento de química, estes irão iluminar o caminho abaixo e contribuir ainda com alguma luz para a iluminação da zona do jardim e a área de entrada da cafeteria.

Para além disso, pretende-se complementar a iluminação do percurso que une a cafeteria ao exterior da faculdade, percurso este, bastante obscurecido tanto pelo edifício

como adiante pela arborização do parque de estacionamento. O projeto passa pela instalação de equipamento Bollard da Schröder, Citrine Mini com 20 LEDs e ótica simétrica, este equipamento tem função de balizamento e auxiliarão o percurso dos utilizadores neste local.

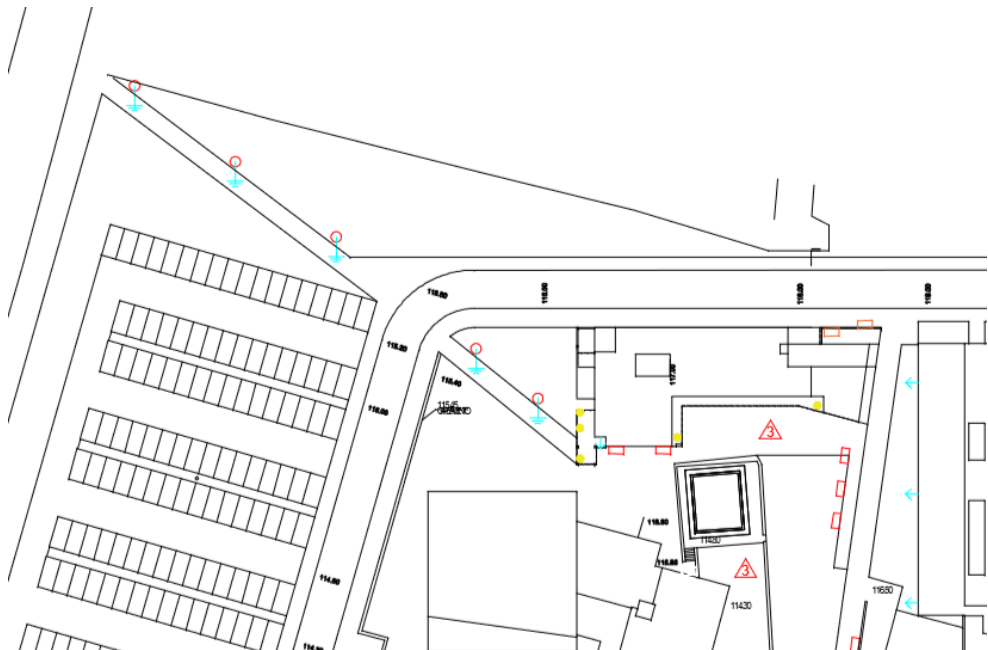


Figura 5.26 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.15 - Simbologia de luminárias e características de instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
	Retrofit LED, 2000lm, Projetor Encastrar Bega Existente, 3000K
	Bollard Citrine Mini, 20LEDs, ótica simétrica, 3000K
	Luminárias Bega, 24208 K4, 1668lm, 500mA, 4000K
	Projetor Ponto, 3 LEDs, feixe médio, 330 lm, 3500K
	Luminária Neos 1, ótica 5120, 24 LEDs, 500Ma, 3000K

As luminárias a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:

Design: Michel Tortel

Grau de estanquicidade

Bloco ótico	IP 66 (*)
Resistência aos choques	(vidro) IK 08 (**)
Resistência aerodinâmica	(CxS)
Neos LED 1	0.024m²
Neos LED 2	0.047m²
Neos LED 3	0.062m²

Tensão nominal 230V - 50Hz

Classe elétrica I ou II (*)

(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282


Peso (vazio)

Neos LED 1	1.8kg
Neos LED 2	5kg
Neos LED 3	8kg

Materiais

Corpo + tampa	Alumínio injetado pintado
Difusor	Vidro

Figura 5.27 - Luminária "NEOS" e respetivas características



Lumen package gama (flux nominal) 450 a 950lm

Estanquicidade (bloco ótico) IP 66 (*)

Resistência ao choque IK 10 (**)

Tensão nominal 120-277V - 50/60Hz

Classe elétrica EU I ou II (*) - US1

Espaçamento recomendado entre bollards Até 12m

(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62262

Peso

Micro	2.0kg
Mini	2.7kg
Midi	4.3kg

Materiais

Corpo Alumínio

Difusor Policarbonato

Cor AKZO 900 cinza areado
Qualquer cor AZKO ou RAL mediante pedido

Figura 5.28 - Luminária "Citrine" e respectivas características

Protection class IP 65

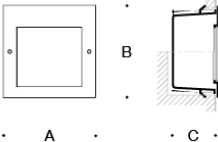
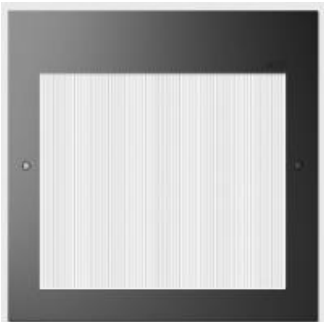
Cast aluminium, aluminium and stainless steel

Safety glass

Reflector made of pure anodised aluminium

24 207 · 24 208 DALI controllable

The luminaire luminous flux and the luminaire connected wattage quoted in the table might change as a result of technical progress. On our website you will find data sheets with information on each luminaire concerning not only the current values but also the LED service life and the luminous flux in relation to the respective colour temperature.



Lamp				A	B	C	Recessed opening	AC/DC
24 206 K4	LED	4.3 W	385 lm	150	150	100	139 x 139 x 90	✓
24 207 K4	LED	7.2 W	637 lm	190	190	100	175 x 175 x 100	✓
24 208 K4	LED	14.0 W	1668 lm	250	250	105	230 x 230 x 110	✓

Figura 5.30 - Luminária 24208 K4 e respectivas características



Grau de estanquicidade

Bloco ótico IP 67 (*)

Resistência ao choque (vidro) IK 10 (**)

Resistência à carga estática 2000 kg (*)

Tensão nominal 220-240V AC / 50-60Hz

Classe elétrica II (*)

(*) de acordo com IEC - EN 60598 (**) de acordo com IEC - EN 62262

Peso

Com kit	0,70kg
Sem kit	0,45kg

Materiais

Corpo Material sintético reforçado com fibra de vidro

Difusor Vidro temperado de 12mm

Aro de acabamento Aço inoxidável escovado

Suporte de fixação Materiais sintéticos reforçados

Cor Aço inoxidável escovado

Figura 5.29 - Luminária "Ponto" e respectivas características

5.2.5 - Fachada do Bloco B

A filosofia da iluminação da fachada do Bloco B passa por um jogo de luz e sombra, criando contrapontos de luz, aliados à estrutura geométrica do edifício, este pensamento deve ser preservado, assim, pretende-se a substituição das luminárias de chão antigas e ainda de tecnologia de iodetos metálicos, pelo projetor Terra Midi, de 16 LEDs, feixe estreito de 14°.

Para além disto, pretende-se reforçar a iluminação dos jardins ou espaços abertos, de notar que cada um deles tem apenas 2 luminárias de encastrar Bega para a sua iluminação, com exceção de um jardim. Esta iluminação é insuficiente para uma uniformidade de luz minimamente satisfatória do espaço, contando ainda com o facto de as duas únicas luminárias estarem mal localizadas, a solução passa por instalar mais duas luminárias em cada jardim, foi escolhido um equipamento bastante semelhante da Bega, o projetor 24208 K4, 1668lm, na disposição seguinte.



Figura 5.31 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.16 - Simbologia da luminária e respetivas características de instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
	Retrofit LED, 2000lm, Projetor Encastrar Bega Existente, 4000K
	Luminárias Bega, 24208 K4, 1668lm, 500mA, 4000K
	Projetor Terra Midi, 16 LEDs, feixe estreito 14°, 4000K

As luminárias a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:

Protection class IP 65

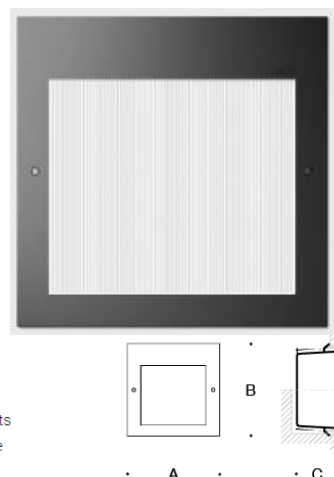
Cast aluminium, aluminium and stainless steel

Safety glass

Reflector made of pure anodised aluminium

24 207 · 24 208 DALI controllable

The luminaire luminous flux and the luminaire connected wattage quoted in the table might change as a result of technical progress. On our website you will find data sheets with information on each luminaire concerning not only the current values but also the LED service life and the luminous flux in relation to the respective colour temperature.



	Lamp			A	B	C	Recessed opening	AC/DC
24 206 K4	LED	4.3 W	385 lm	150	150	100	139 x 139 x 90	✓
24 207 K4	LED	7.2 W	637 lm	190	190	100	175 x 175 x 100	✓
24 208 K4	LED	14.0 W	1668 lm	250	250	105	230 x 230 x 110	✓

Figura 5.32 - Luminária 24208 K4 e respetivas características

Grau de estanquidade

Bloco ótico IP 67 (*)

Resistência ao choque (vidro) IK 10 (**)

Resistência à carga estática 4000kg (*)

Tensão nominal 230V - AC

Classe elétrica I ou II (*)

(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282

Peso (vazio) 5kg

Materiais

Corpo Liga de alumínio

Aro Aço inoxidável escovado

Difusor Vidro temperado

Kit de montagem Materiais sintéticos

Cor Aço inoxidável escovado

Figura 5.33 - Luminária Terra MIDI LED e respetivas características

5.2.6 - Entrada da FEUP

Respeitando o PDIP, a entrada da faculdade deve seguir o pensamento do projeto original e manter-se sem iluminação, dando destaque às portas do edifício totalmente iluminadas, ainda assim, existem alguns reparos a fazer. A iluminação da escadaria é importantíssima, pois assegura a segurança no seu tráfego, o equipamento atual não é o mais adequado, pois projeta a luz para a frente e não para os degraus, isto dá origem a encadeamento visual a quem frui na escada, pretende-se a sua substituição pelo equipamento

Bega, 33054 K4 de 342 lm, uma luminária própria para escadarias, que cobrirá uniformemente o degrau sem causar encadeamentos.

Prevê-se ainda a instalação de 2 projetores Bega, 24208 K4, 1668lm, que ajudarão na iluminação do caminho, tantas vezes fruído, entende-se que o contributo desta iluminação não irá prejudicar a filosofia de contraponto de luz imposto pelo PDIP.

O ultimo ponto, passa por substituir o equipamento de iluminação das bandeiras, pelas luminárias ILUMup da Schröder, com 9 LEDS e feixe estreito de 4000K.

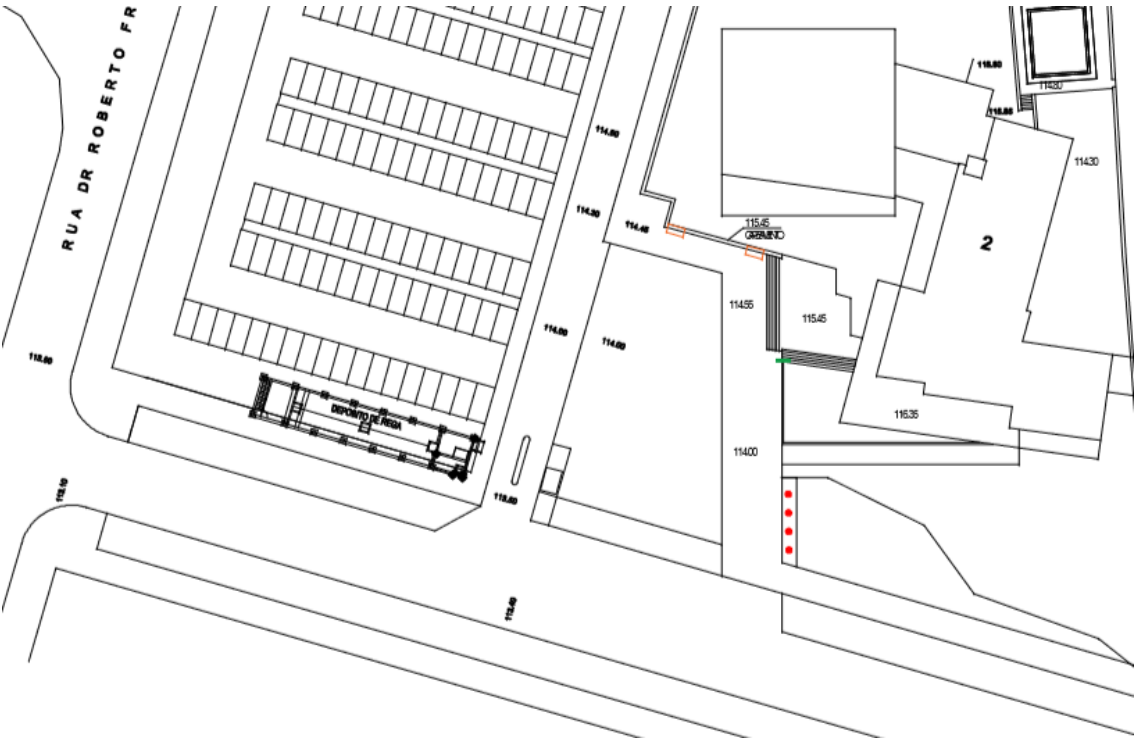





Figura 5.34 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.17 - Simbologia das luminárias e respetivas características de instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
	Luminárias de escada Bega, 33054 K4, 342 lm
	Luminárias Bega, 24208 K4, 1668lm, 500mA, 4000K
	Luminária Schröder, ILUMup LED, 9 LEDs, feixe estreito, 4000K

As luminárias a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:

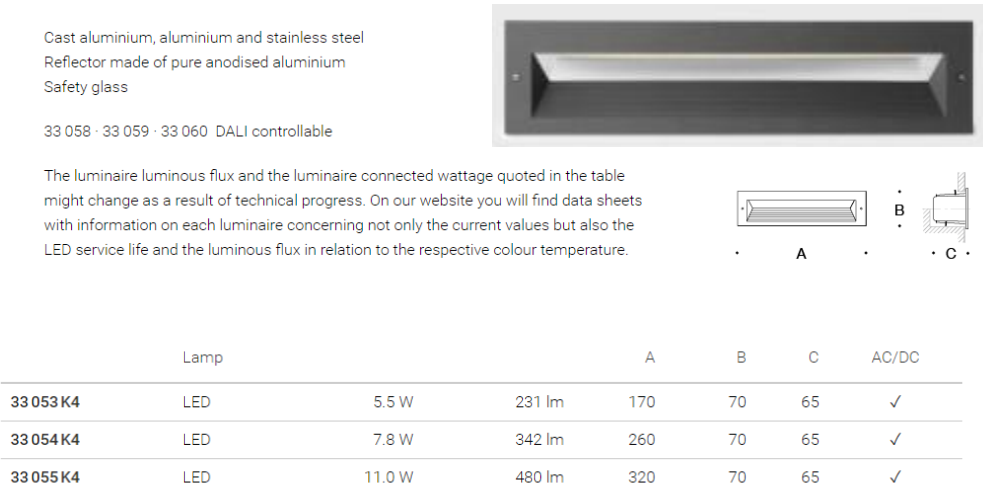


Figura 5.36 - Luminária 33054 K4 e respetivas características

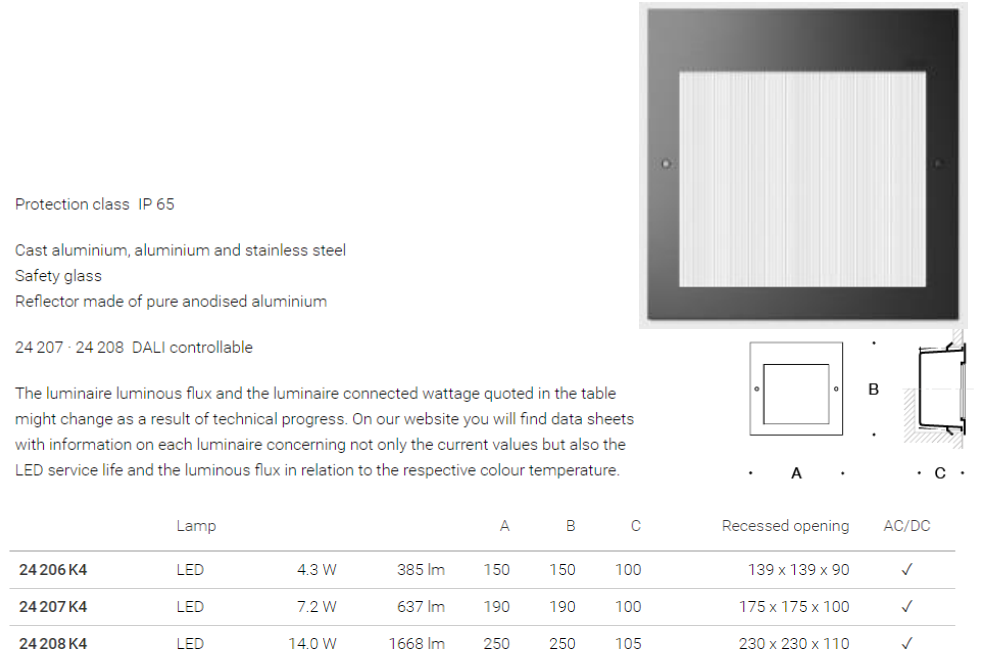


Figura 5.35 - Luminária 24208 K4 e respetivas características



GAMA VERSÁTIL DE PROJETORES DE ENCASTRAR PARA APLICAÇÕES DE ILUMINAÇÃO CÊNICA

Disponível em três tamanhos, com moldura de acabamento quadrada ou redonda, o ILUMup oferece uma ampla gama de fotometrias para todos os tipos de iluminação, como iluminação de fachadas, destaque de detalhes arquitetônicos e iluminação de árvores.

O ILUMup é um projetor de encastrar muito econômico que proporciona um rápido retorno do investimento, garantindo uma excelente qualidade de luz e uma longa vida útil. Disponível com LEDs brancos e RGB, o ILUMup é usado para fornecer efeitos de iluminação em vários elementos e estruturas.

É ideal para projetos de eficiência energética em iluminação decorativa que exijam ambientes únicos com um pequeno investimento.

Com um elevado nível de estanquidade IP 67 e uma capacidade de resistir a uma carga estática até 2.500 kg, a gama ILUMup foi projetada para suportar ambientes exteriores agressivos.

- Versatilidade fotométrica
- Fotometria ajustável no local (0-20°)
- LEDs estáticos ou dinâmicos (RGB)
- IP 67, estanquidade mantida ao longo do tempo
- Materiais resistentes e de alta qualidade
- Moldura de acabamento quadrada ou redonda
- Montagem com ou sem kit de instalação

DIMENSÕES

	ILUMup 4	ILUMup 5	ILUMup 6
Ø	260mm	315mm	315mm
S	240mm	295mm	295mm
H1	179mm	225mm	225mm
H2	279mm	326mm	326mm
KG	5kg	6kg	8kg

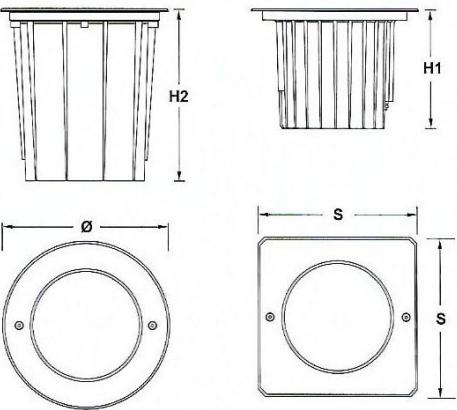


Figura 5.37 - Luminária ILUMup e respectivas características

5.3 - Projeto de Iluminação Funcional e Interior Final

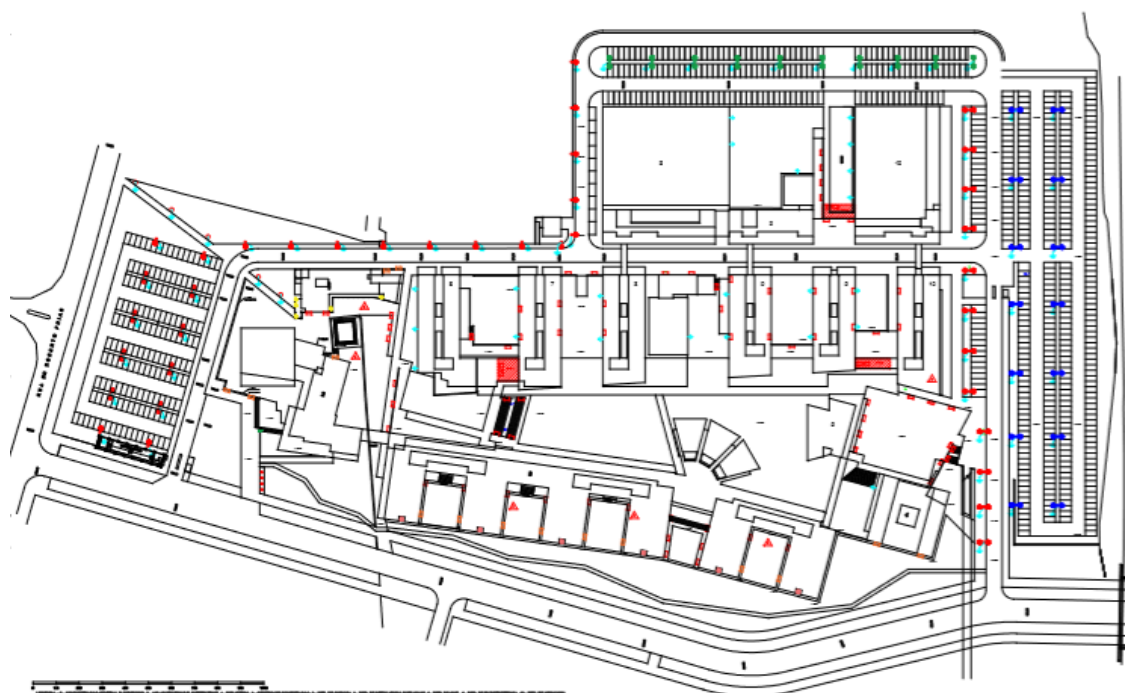


Figura 5.38 - Representação do Projeto Final

- Lum. Schröder, "Plano Midi LED", Conjunto Duplo, 48 HP LEDs, 500mA, Ótica 5120, Coluna Truncocônica, Hu=8m, Braço Techni.cal, L=600mm, AKZO 900
- Lum. Schröder, "Plano Midi LED", Conjunto Duplo, 32 HP LEDs, 500mA, Ótica 5102, Coluna Truncocônica, Hu=8m, Braço Techni.cal, L=600mm, AKZO 900
- Lum. Schröder, "Plano Mini LED", 24 HP LEDs, 500mA, Ótica 5102, Coluna Truncocônica, Hu=6m, Braço Techni.cal, L=300mm, AKZO 900
- Lum. Schröder, "Plano Mini LED", Conjunto Duplo, 24 HP LEDs, 500mA, Ótica 5102, Coluna Truncocônica, Hu=6m, Braço Techni.cal, L=300mm, AKZO 900
- Lum. Schröder, "Voltana 5", Conjunto Duplo, 64 HP LEDs, 700mA, Ótica 5120, Coluna Octogonal, Hu=12m, sem Braço
- Bollard Schröder, "Citrine Mini", 20 HP LEDs, Ótica Simétrica
- Projetor Schröder, "Neos LED 1", 24 HP LEDs, 500mA, Ótica 5120
- Retrofit LED, 2000 lm, Projetor de Luminárias Encastradas Bega Existentes
- Projetor Bega, 24208 K4, luminária encastrada LED, 1668 lm
- Luminária Schröder, "Ponto LED", 3 HP LEDs, Projetor de encastrar de chão, feixe médio, 30°, Ótica 6142
- Luminária para escada Bega, 33054 K4, 342 lm, luminária encastrada
- Luminária Schröder, "ILUMup LED", 7 HP LEDs, Projetor de encastrar de chão, feixe médio, 25°
- Luminária Schröder, "Terra Midi LED", 16 HP LEDs,

Figura 5.39 - Legenda das luminárias constituintes no projeto e respectivas características de instalação

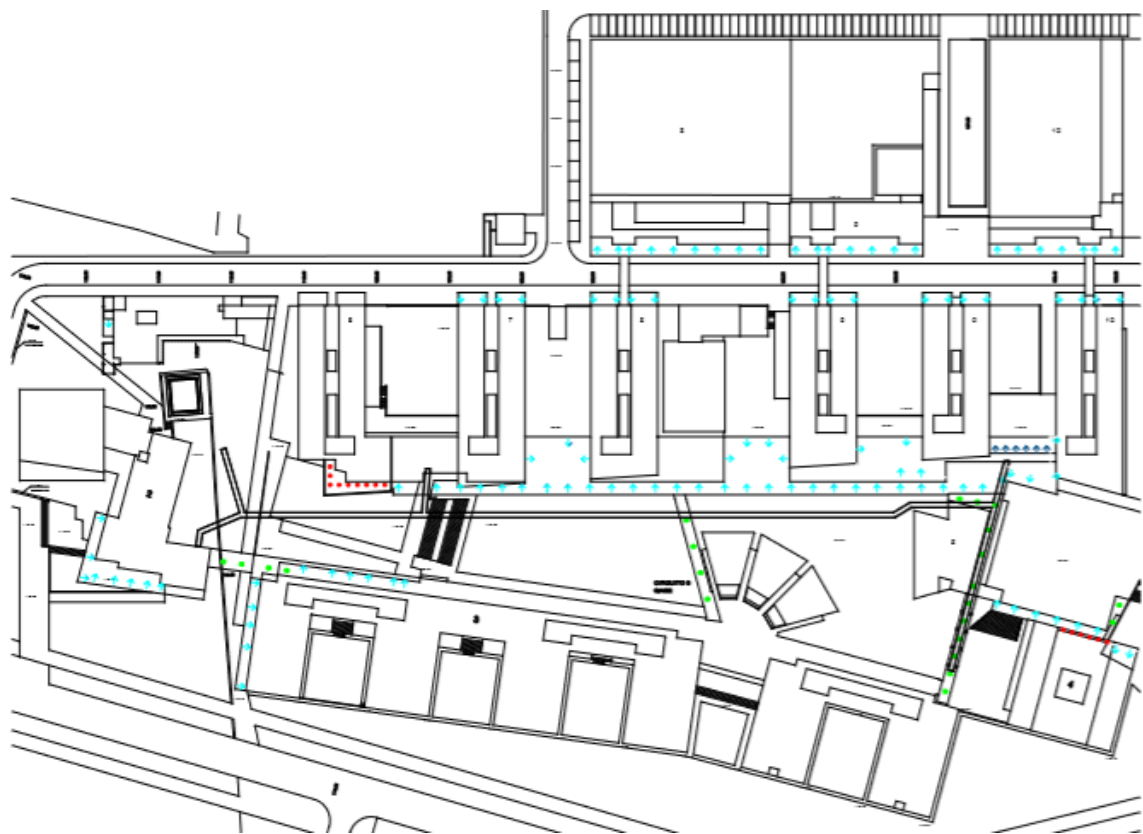


Figura 5.40 - Representação da instalação do projeto final

- Projetor Schröder, "Neos LED 1", 24 HP LEDs, 500mA, Ótica 5120
- Projetor Schröder, "Neos LED 1", 24 HP LEDs, 500mA, Ótica 5102, inclinação 45°
- ⊗ Retrofit LED, 2000 lm, Projetor de Luminárias de Tecto Bega Existentes
- ⊗ Luminária Bega, 55823 K3, 983 lm, luminária de tecto de encastrar

Figura 5.41 - Legenda das luminárias instaladas e respetivas características de instalação

Tabela 5.18 - Cadastro final

Tipologia de Foco	Potência Unitária (W)	Quantidade
Piano Mini, 24 LEDs	38	41
Piano Midi, 32 LEDs	52	16
Piano Midi, 48 LEDs	77	20
Voltana 5	145	28

NEOS 1	38	135
Citrine LED	9	5
Ponto, 3 LEDs	5	5
Terra Midi LED	19,2	6
Lum. Bega Encastrado de Parede	16	81
Candeeiro Bega de Teto	14	18
Lum. 24208	14	15
Lum. 55823	15	15
Lum. 33054	7,4	2
ILUMup, 7 LEDs	22	4
		Total =390

5.3.1 - Balanço Energético

Tabela 5.19 - Balanço Energético

	Potência Instalada (kW)	C. Energia (KWh)	TEP/ano (1KWh=290E-6)	T CO2e (med.)	C. Energia Consumida (€)
Instalação Atual	36,58	146320,00	42,43	76,53	15027,06
Nova Instalação	15,22	60880,00	17,66	31,84	6252,38
Poupança Anual	21,36	85440,00	24,78	44,69	8774,69
A 15 anos		1281600	371,66	670,28	131620,32

A implementação do projeto apresentado para a iluminação funcional e interior representa uma redução do consumo de energia em 58,4%.

5.3.2 - Estimativa Orçamental

Tabela 5.20 - Estimativa Orçamental

Tipologia de Foco	Quantidade	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Piano Mini, 24 LEDs	41	400	16400
Piano Midi, 32 LEDs	16	450	7200
Piano Midi, 48 LEDs	20	450	9000
Voltana 5	28	450	12600
NEOS 1	135	250	33750
Citrine LED	5	250	1250
Ponto, 3 LEDs	5	150	750
Terra Midi LED	6	550	3300
Lum. Bega Encastre de Parede <i>retrofit</i>	81 + 20 vidros	50+60	5250
Candeeiro Bega de Teto	18	50	900
Lum. 24208	15	375	5625
Lum. 55823	15	200	3000
Lum. 33054	2	250	500
ILUMup, 9 LEDs	4	250	1000
Coluna Troncocónica 6m, braço simples	17	400	6800
Coluna Troncocónica 6m, braço duplo	12	430	5160
Coluna Troncocónica 8m, braço duplo	18	550	9900
			Total: 122.385

5.4 - Iluminação de Caráter Opcional

5.4.1 - Iluminação Arquitetural

A iluminação arquitetural tem como objetivo enriquecer a paisagem da cidade, neste caso da faculdade, criando um ambiente de conforto e proporcionando uma agradável experiência a quem a percorre e usufrui. A faculdade é um espaço de estudo e de intenso stress, principalmente nas épocas de exame, é por isso apropriada a criação de pequenos recantos de lazer e conforto, que ajudem de certa forma a aliviar essa pressão.

Um dos desafios neste tipo de projeto será ajustar esta iluminação de forma harmoniosa com a arquitetura e com isso conseguir que a sua instalação traga um contributo positivo também na iluminação funcional. Existem muitas maneiras de iluminar, resta escolher a solução mais inteligente.

Os pontos de interesse arquitetural estão definidos no PDIP. No entanto, é sempre possível encontrar outros pontos de interesse.

5.4.1.1 - Entrada da FEUP

Como já foi referido, a filosofia de iluminação da entrada da faculdade passa por um jogo de luz, em que a entrada se encontra obscurecida destacando as portas do edifício que se encontram iluminadas, este pensamento deve ser respeitado. É, no entanto, de realizar alguns reparos, principalmente dando um certo destaque à primeira pedra. Esta não se encontra iluminada, ficando na escuridão durante a noite, quem não sabe onde esta se situa nunca irá reparar nela. Por ser um marco importante na história da instituição, a primeira pedra merece a sua distinção.

Pretende-se a instalação de uma luminária encastrada no solo, em frente à pedra, do ILUMup de 9 LEDs, com feixe médio. Esta é uma luminária adaptada a instalações no solo, apresentando um nível de IP elevado.

Outro ponto a destacar será a iluminação do muro antigo que se encontra atrás da primeira pedra, a sua iluminação fará um contraponto interessante com a pedra iluminada em contraste com o restante relvado não iluminado. Serão instaladas luminárias do tipo ILUMup de 9 LEDs por todo o comprimento do muro, distanciadas cerca de 5 metros umas das outras, com feixe mais aberto, de modo a permitir uma melhor cobertura do muro.

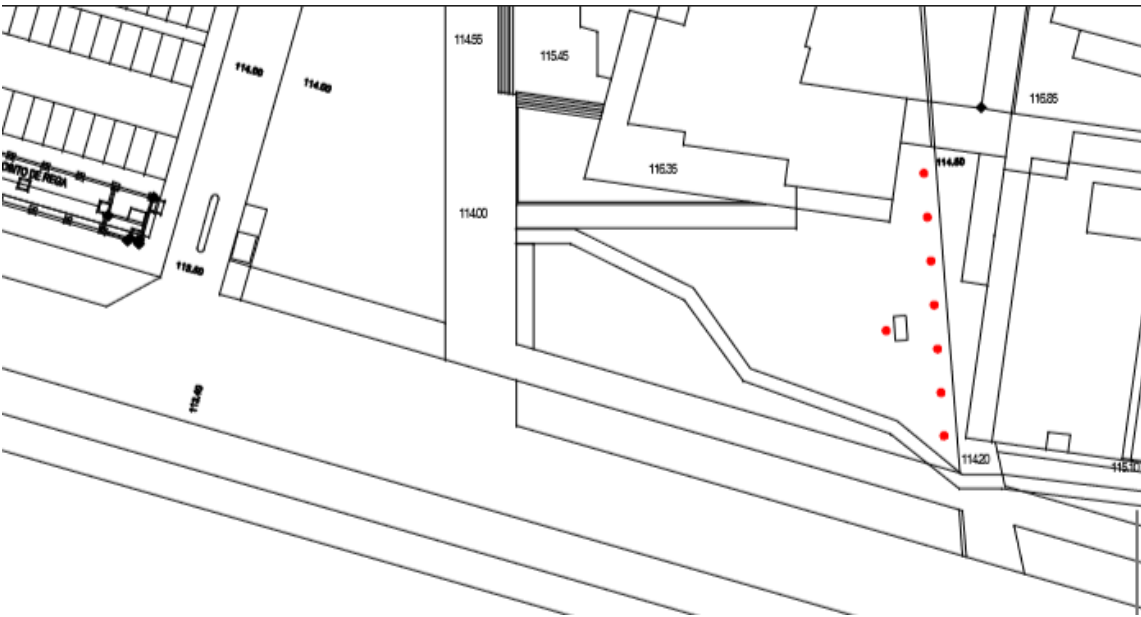


Figura 5.42 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.21 - Simbologia da luminária escolhida e respetivas características de instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
●	Projector Schröder “ILUMup”, 9 LEDs, 3000K, feixe médio 25°

O resultado previsto pode ser visualizado na fotomontagem abaixo:



Figura 5.43 - Resultado previsto da instalação

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas de seguida:



- Versatilidade fotométrica
- Fotometria ajustável no local (0-20°)
- LEDs estáticos ou dinâmicos (RGB)
- IP 67, estanquidade mantida ao longo do tempo
- Materiais resistentes e de alta qualidade
- Moldura de acabamento quadrada ou redonda
- Montagem com ou sem kit de instalação

GAMA VERSÁTIL DE PROJETORES DE ENCASTRAR PARA APLICAÇÕES DE ILUMINAÇÃO CÊNICA

Disponível em três tamanhos, com moldura de acabamento quadrada ou redonda, o ILUMup oferece uma ampla gama de fotometrias para todos os tipos de iluminação, como iluminação de fachadas, destaque de detalhes arquitetônicos e iluminação de árvores.

O ILUMup é um projetor de encastrar muito econômico que proporciona um rápido retorno do investimento, garantindo uma excelente qualidade de luz e uma longa vida útil. Disponível com LEDs brancos e RGB, o ILUMup é usado para fornecer efeitos de iluminação em vários elementos e estruturas.

É ideal para projetos de eficiência energética em iluminação decorativa que exijam ambientes únicos com um pequeno investimento.

Com um elevado nível de estanquidade IP 67 e uma capacidade de resistir a uma carga estática até 2.500 kg, a gama ILUMup foi projetada para suportar ambientes exteriores agressivos.

DIMENSÕES

	ILUMup 4	ILUMup 5	ILUMup 6
Ø	260mm	315mm	315mm
S	240mm	295mm	295mm
H1	179mm	225mm	225mm
H2	279mm	326mm	326mm
 KG	5kg	6kg	8kg



Figura 5.44 - Luminária ILUMup e respectivas características

5.4.1.1.1 - Balanço Energético

Tabela 5.22 - Cadastro da Instalação

Tipologia De Foco	Potência Unitária (W)	Quantidade
ILUMup, 9 LEDs	22	8

Tabela 5.23 - Balanço energético da instalação

Potência Instalada (W)	C. Energia (KWh)	TEP/ano (1KWh=290E-6)	T CO2e (med.)	C. Energia Consumida (€)
176	704,000	0,204	0,368192	72,30

5.4.1.1.2 - Estimativa Orçamental

Tabela 5.24 - Estimativa orçamental da instalação

Tipologia De Foco	Quantidade	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
ILUMup, 9 LEDs	8	250	2000

5.4.1.2 - Cisterna e Muro Antigo

A continuação do muro antigo que se vê na entrada da faculdade, vai posteriormente, circundar uma cisterna e um jardim antigo, um espaço coberto de vegetação e uma mesa de pedra antiga.

Toda esta zona é qualificada como património arquitetónico, e por isso, não pode ser modificada. Infelizmente, este local não tem qualquer tipo de iluminação artificial, tornando-se muito obscurecido nas horas de menor iluminação natural.

Este jardim é acima de tudo um recanto pitoresco, merecendo uma especial atenção no que toca a iluminação. Pretende-se uma iluminação que forneça conforto e que proporcione uma experiência agradável no local. Para isso, não são necessários níveis muito elevados de iluminação, mas apenas o suficiente para não se estar na completa obscuridão.

Devido à impossibilidade de qualquer tipo de modificação do local, as opções de instalação de iluminação ficam muito limitadas. A opção restante será iluminar o exterior do jardim e iluminá-lo indiretamente.

A solução proposta passa, em primeiro lugar por instalar a luminária Luminárias Bega, 24208 K4, 1668lm, 500mA em frente à escada que dá acesso ao jardim. Esta será uma iluminação com carácter de segurança, iluminando a escada; em segundo lugar, propõe-se a instalação de uma linha de projetores Enyo de 3 LEDs, cor branco quente, 3000K com feixe concentrado, nos locais assinalados na imagem, estes terão direções diferentes e iluminarão não só a cisterna e o jardim, mas também a zona mais próxima, um espaço com árvores que beneficiará também desta iluminação.

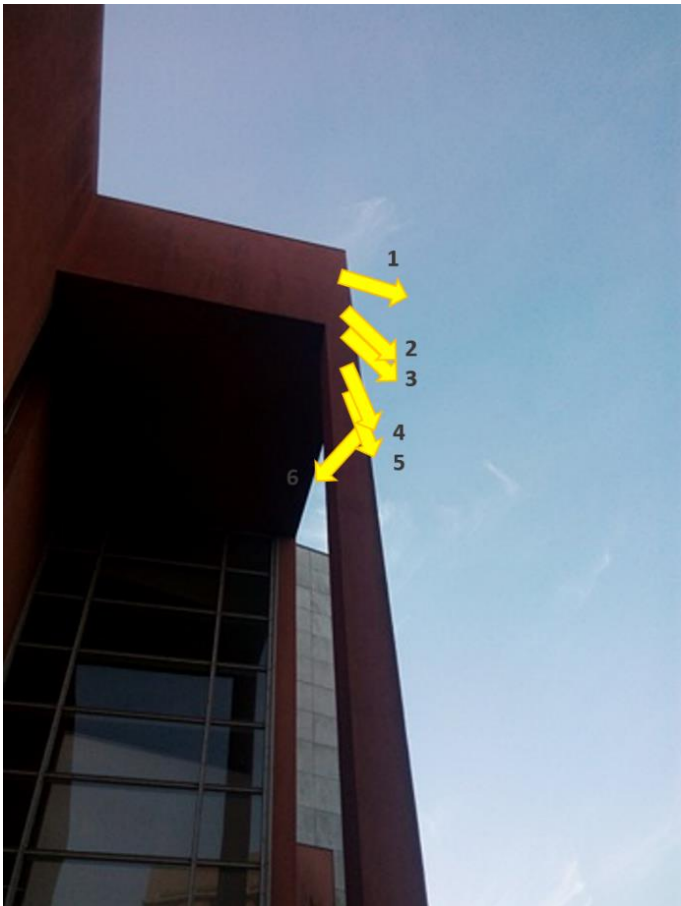








Figura 5.45 - Representação esquemática da instalação

Tabela 5.25 - Simbologia das luminárias e características da instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
 1	Projektor Schröder “Enyo”, 3 LEDs, 3000K, feixe semi-dispersivo, 31°, direcionado para o espaço com árvores
 2	Projektor Schröder “Enyo”, 3 LEDs, 3000K, feixe concentrante, 21°, direcionado para o lado esquerdo da cisterna
 3	Projektor Schröder “Enyo”, 3 LEDs, 3000K, feixe concentrante, 21°, direcionado para o lado esquerdo da cisterna
 4	Projektor Schröder “Enyo”, 3 LEDs, 3000K, feixe concentrante, 21°, direcionado para o lado direito da cisterna
 5	Projektor Schröder “Enyo”, 3 LEDs, 3000K, feixe concentrante, 21°, direcionado para o lado direito da cisterna
 6	Projektor Schröder “Enyo”, 3 LEDs, 3000K, feixe concentrante, 21°, direcionado para a mesa granítica

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas de seguida:

	Grau de estanquicidade		IP 66 (*)
	Resistência ao choque (vidro)		IK 07 (**)
	Tensão nominal		
	Versão estática		100 - 240V / 50 - 60Hz
	Versão dinâmica		12V
	Classe elétrica		II (*)
	(*) segundo IEC - EN 60598		(**) segundo IEC - EN 62262
	Peso		0,72kg
	Materiais		
	Corpo		Alumínio anodizado
Difusor		Vidro temperado	
Cor		Alumínio anodizado	

Figura 5.46 - Luminária Enyo e respectivas características

5.4.1.2.1- Balanço Energético

Tabela 5.26 - Cadastro da Instalação

Tipologia De Foco	Potência Unitária (W)	Quantidade
Enyo, 3 LEDS	5	6

Tabela 5.27 - Balanço energético da instalação

Potência Instalada (W)	C. Energia (KWh)	TEP/ano (1KWh=290E-6)	T CO2e (med.)	C. Energia Consumida (€)
25	100	0,03	0,05	16,27

5.4.1.2.2 - Estimativa Orçamental

Tabela 5.28 - Estimativa orçamental da instalação

Tipologia De Foco	Quantidade	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Enyo, 3 LEDs	6	200	1200

5.4.1.3 - Parede com geometrias em destaque

O edifício do bloco A tem no seu exterior diversos detalhes arquitetónicos que merecem ser explorados esteticamente, uma iluminação que destaque estes pormenores pode criar


diversos apontamentos interessantes, que servem para enriquecer a arquitetura da faculdade. A filosofia da iluminação desta parede passa por iluminar a parte posterior da parede que fará contraste com a estrutura geométrica não iluminada que irá sobressair. De ressaltar que a iluminação desta parede será também um contributo à iluminação funcional na medida que iluminará toda a zona adjacente ao jardim assim como o caminho pedestre que dá acesso ao exterior da faculdade.

Sugere-se a instalação de luminárias Neos 1, ótica 5102, 24 LEDs, 500mA, no interior dos “quadrados”, estas direcionadas para cima, originando fenómenos de reflexão de luz que irão iluminar toda a área da parede uniformemente.



Figura 5.47 - Representação da proposta de instalação

Tabela 5.29 - Simbologia e características da instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
	Projektor Schröder “Neos 1”, 24 LEDs, ótica 5102, 3000K, 500mA

O resultado previsto pode ser visualizado abaixo:



Figura 5.48 - Resultado esperado da instalação

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:



Design: Michel Tortel

Grau de estanquicidade	
Bloco ótico	IP 66 (*)
Resistência aos choques	(vidro) IK 08 (**)
Resistência aerodinâmica	(CvS)
Neos LED 1	0.024m²
Neos LED 2	0.047m²
Neos LED 3	0.062m²
Tensão nominal	230V - 50Hz
Classe elétrica	I ou II (*)
(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282	
Peso (vazio)	Neos LED 1 1.8kg
	Neos LED 2 5kg
	Neos LED 3 8kg
Materiais	
Corpo + tampa	Alumínio injetado pintado
Difusor	Vidro
Cor	AKZO 900 cinzento areado

Figura 5.49 - Luminária "NEOS" e respetivas características

5.4.1.3.1- Balanço Energético

Tabela 5.30 - Cadastro da instalação

Tipologia De Foco	Potência Unitária (W)	Quantidade
NEOS 1, 24LEDs	38	2

Tabela 5.31 - Balanço energético da instalação

Potência Instalada (W)	C. Energia (KWh)	TEP/ano (1KWh=290E-6)	T CO2e (med.)	C. Energia Consumida (€)
76	304	0,08816	0,158992	31,2208

5.4.1.3.2 - Estimativa Orçamental

Tabela 5.32 - Estimativa orçamental da instalação

Tipologia De Foco	Quantidade	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
NEOS 1, 24 LEDs	2	250	500

5.4.1.4 - Parede frontal do edifício da administração

A parede em causa já se encontra iluminada desde o projeto inicial, a intervenção passará por substituir as luminárias existentes por outras de tecnologia LED, mais eficientes, e com nível de IP mais elevado, a escolha recai na luminária Terra Midi de 16 LEDs, feixe médio de 22°, ótica simétrica adaptada a este tipo de instalação no solo, apresentando elevado nível de IP.

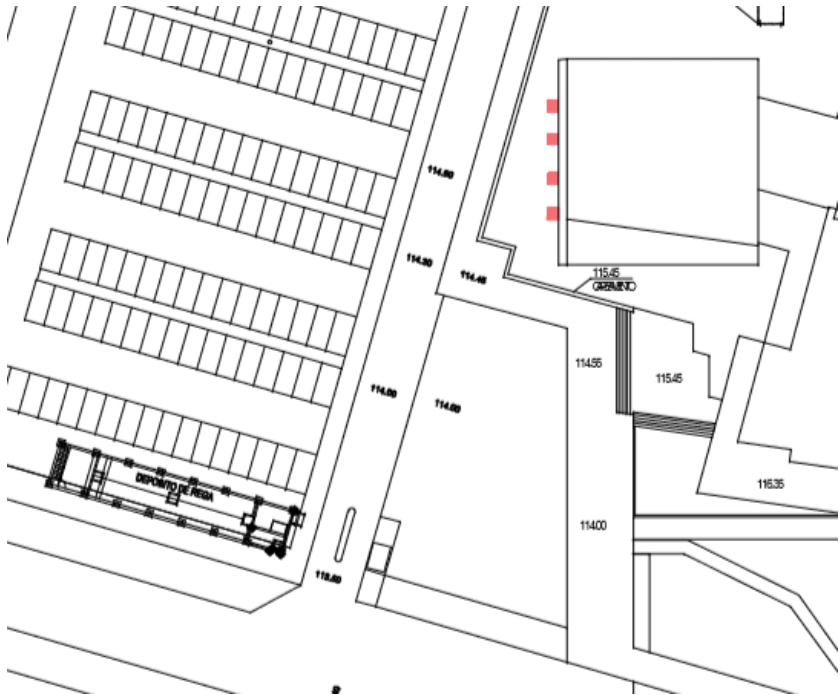



Figura 5.50 - Representação da instalação

Tabela 5.33 - Simbologia e características da instalação

Simbologia	Tipologia de Foco
	Projeto Schröder “Terra Midi”, 16 LEDs, feixe médio de 22°, ótica simétrica

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:



TERRA MIDI



Grau de estanquicidade	
Bloco ótico	IP 67 (*)
Resistência ao choque	(vidro) IK 10 (**)
Resistência à carga estática	4000kg (*)
Tensão nominal	230V - AC
Classe elétrica	I ou II (*)
(*) segundo IEC - EN 60598 (**) segundo IEC - EN 62282	
Peso (vazio)	5kg
Materiais	
Corpo	Liga de alumínio
Aro	Aço inoxidável escovado
Difusor	Vidro temperado
Kit de montagem	Materiais sintéticos
Cor	Aço inoxidável escovado

Figura 5.51 - Luminária "Terra MIDI LED" e respetivas características

5.4.1.4.1 - Balanço energético

Tabela 5.34 - Cadastro da instalação

Tipologia De Foco	Potência Unitária (W)	Quantidade
Terra Midi LED, 16 ledS	19,2	4

Tabela 5.35 - Balanço energético da instalação

Potência Instalada (W)	C. Energia (KWh)	TEP/ano (1KWh=290E-6)	T CO2e (med.)	C. Energia Consumida (€)
76,8	307,2	0,089088	0,1606656	31,54944

5.4.1.4.2 - Estimativa Orçamental

Tabela 5.36 - Estimativa orçamental da instalação

Tipologia De Foco	Quantidade	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Terra Midi LED, 16 LEDs	4	550	2200

5.4.2- Outras Áreas de Interesse

5.4.2.1 - Bar da Biblioteca

Ao tratar da sua iluminação funcional, foi referido a iluminação continua do interior do Bar, que consequentemente ilumina o exterior de maneira satisfatória.

Existe, no entanto, a possibilidade de destacar esta zona com o recurso a iluminação arquitetural. As janelas que se encontram por cima da entrada do bar não se encontram iluminadas, uma ideia seria colocar uma luminária Ponto da Schröder, 3 LEDs, feixe largo e 330 lm, no “chão” de cada uma dessas janelas.

O equipamento fica impercetível a quem passa nesta zona e o efeito luminoso para além de estético suporta a iluminação funcional deste local, contribuindo com luz para a escadaria e toda a entrada do bar. Talvez esta opção até possa representar uma certa poupança, na medida que a iluminação do interior do bar poderá ser desligada.

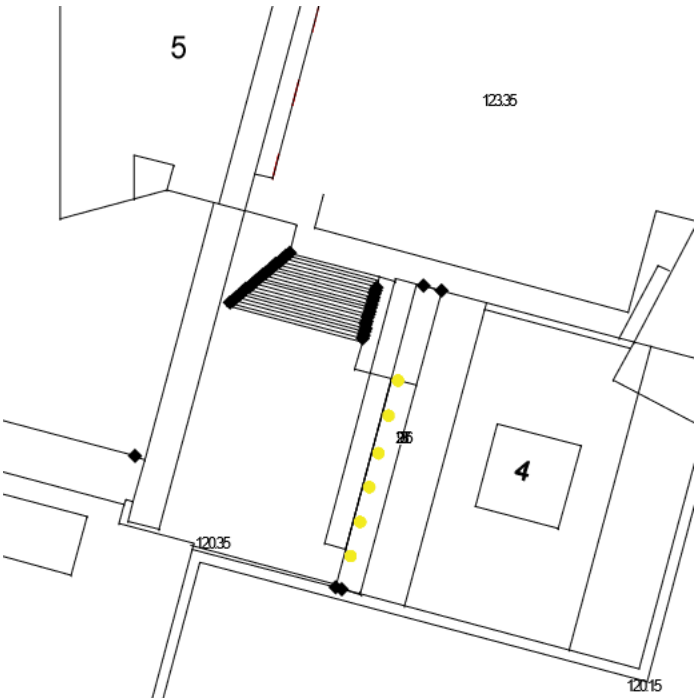



Figura 5.52 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.37 - Simbologia de instalação e respectivas características

Simbologia	Tipologia de Foco
	Projektor Schröder, “Ponto”, 3 LEDs, 3500K, feixe largo

A fotomontagem seguinte ilustra o objetivo pretendido:



Figura 5.53 - Resultado esperado de instalação

A luminária a utilizar e as suas respectivas características podem ser visualizadas de seguida:

	Grau de estanquidade		
	Bloco ótico		IP 67 (*)
	Resistência ao choque	(vidro)	IK 10 (**)
	Resistência à carga estática		2000 kg (*)
	Tensão nominal		220-240V AC / 50-60Hz
	Classe elétrica		II (*)
	(*) de acordo com IEC - EN 60598 (**) de acordo com IEC - EN 62282		
	Peso	Com kit	0,70kg
		Sem kit	0,45kg
	Materiais		
	Corpo		Material sintético reforçado com fibra de vidro
	Difusor		Vidro temperado de 12mm
	Aro de acabamento		Aço inoxidável escovado
	Suporte de fixação		Materiais sintéticos reforçados
	Cor		Aço inoxidável escovado

Figura 5.54 - Luminária "Ponto" e respectivas características

5.4.2.1.1 - Balanço Energético

Tabela 5.38 - Cadastro da instalação

Tipologia De Foco	Potência Unitária (W)	Quantidade
Ponto, 3 LEDs	5	6

Tabela 5.39 - Balanço energético da instalação

Potência Instalada (W)	C. Energia (KWh)	TEP/ano (1KWh=290E-6)	T CO2e (med.)	C. Energia Consumida (€)
30	120	0,0348	0,06276	12,324

5.4.2.1.2 - Estimativa Orçamental

Tabela 5.40 - Estimativa orçamental da instalação

Tipologia De Foco	Quantidade	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Ponto, 3 LEDs	6	150	900

5.4.2.2 - Percurso de Manutenção

Este percurso de manutenção, ou ciclovía, foi colocado recentemente e tem sido utilizado diariamente, tanto por estudantes como por pessoas externas à faculdade que

procuram um sítio calmo para correr e/ou usar os diferentes aparelhos disponíveis ao longo do percurso. A maior afluência de pessoas ocorre ao final da tarde até às primeiras horas da noite, o que dependendo da estação do ano pode significar mais ou menos horas de luz natural. De qualquer forma, seria de pensar numa solução que permitisse uma iluminação mínima do percurso, suportando não só os utilizadores no seu caminho, com uma iluminação de balizamento, mas também estabelecendo maiores níveis de segurança ao local.



Figura 5.55 - Início do percurso de manutenção

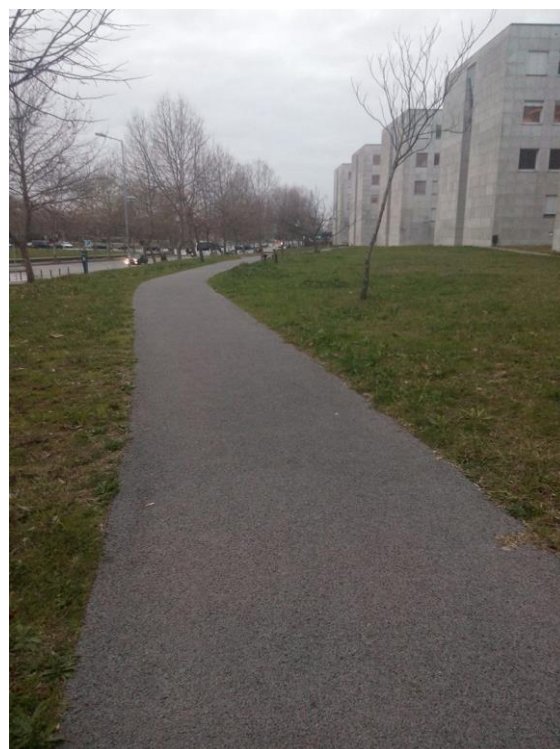


Figura 5.56 - Percurso de manutenção

A solução proposta passa por instalar luminárias Ponto, 3 LEDs, feixe largo de 40°, ótica simétrica, pelo meio do percurso, será utilizada a versão de balizamento em modelo simétrico, com cobertura de modo a não causar incómodo visual a quem frui pelo circuito, as luminárias serão instaladas distanciadas em média 15m umas das outras ao longo de todo o percurso, no total de 16 luminárias. Esta simples instalação aliada à iluminação da fachada do edifício do Bloco B e com contributos da iluminação pública irá originar níveis satisfatórios de iluminação aumentando a segurança de quem usufrui deste percurso.

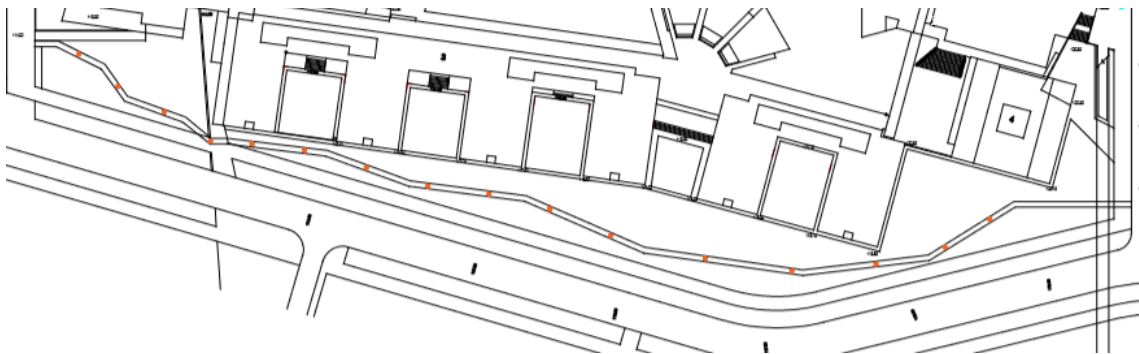


Figura 5.57 - Representação da instalação proposta

Tabela 5.41 - Simbologia da instalação e respectivas características

Simbologia	Tipologia de Foco
	Projektor Schröder, “Ponto”, 3 LEDs, 3500K, feixe largo

Esta distância foi escolhida com o pensamento de não iluminar apenas o percurso, mas também os diferentes aparelhos de exercício físico ou árvores localizadas na proximidade do percurso dando a todo o caminho uma função de utilidade, iluminando o caminho e os equipamentos, permitindo facilmente localiza-los, mas também uma componente estética ao iluminar a arborização.

A luminária a utilizar e as suas respetivas características podem ser visualizadas abaixo:

Grau de estanquicidade	
Bloco ótico	IP 67 (*)
Resistência ao choque	(vidro) IK 10 (**)
Resistência à carga estática	2000 kg (*)
Tensão nominal	220-240V AC / 50-60Hz
Classe elétrica	II (*)
(*) de acordo com IEC - EN 60598 (**) de acordo com IEC - EN 62262	
Peso	Com kit 0,70kg Sem kit 0,45kg
Materiais	
Corpo	Material sintético reforçado com fibra de vidro
Difusor	Vidro temperado de 12mm
Aro de acabamento	Aço inoxidável escovado
Suporte de fixação	Materiais sintéticos reforçados
Cor	Aço inoxidável escovado

Figura 5.58 - Luminária "Ponto" e respetivas características

5.4.2.2.1 - Balanço Energético

Tabela 5.42 - Cadastro da instalação proposta

Tipologia De Foco	Potência Unitária (W)	Quantidade
Ponto, 3 LEDs	5	16

Tabela 5.43 - Balanço Energético da instalação

Potência Instalada (W)	C. Energia (KWh)	TEP/ano (1KWh=290E-6)	T CO2e (med.)	C. Energia Consumida (€)
80	320,00	0,09	0,17	32,86

5.4.2.2.2 - Estimativa Orçamental

Tabela 5.44 - Estimativa orçamental da instalação proposta

Tipologia De Foco	Quantidade	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Ponto, 3 LEDs	16	150	2400

5.5 - Balanço Energético Final

Tabela 5.45 - Cadastro Final do Projeto

Tipologia de Foco	Potência Unitária (W)	Quantidade
Piano Mini, 24 LEDs	38	41
Piano Midi, 32 LEDs	52	16
Piano Midi, 48 LEDs	77	20
Voltana 5	145	28
NEOS 1	38	135+2
Citrine LED	9	5
Ponto, 3 LEDs	5	5+6+16
Terra Midi LED	19,2	6
Lum. Bega Encastre de Parede	14	81

Candeeiro Bega de Teto	14	18
Lum. 24208	14	15
Lum. 55823	15	15
Lum. 33054	7,4	2
ILUMup, 9 LEDs	22	4+8
Enyo, 3 LEDS	5	5

Tabela 5.46 - Balanço Energético Final

	Potência Instalada (kW)	C. Energia (KWh)	TEP/ano (1KWh=290E-6)	T CO2e (med.)	C. Energia Consumida (€)
Instalação Atual	36,58	146320,00	42,43	76,53	15027,06
Nova Instalação	15,68	62720,00	18,19	32,80	6441,34
Poupança Anual	20,90	83600,00	24,24	43,72	8585,72
A 15 anos		1254000	363,66	655,84	128785,8

A implementação de todo o projeto representa uma redução de consumo de energia de 57,1%.

5.6 - Estimativa Orçamental Final

Tabela 5.47 - Estimativa Orçamental do projeto final

Tipologia de Foco	Quantidade	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Piano Mini, 24 LEDs	41	400	16400
Piano Midi, 32 LEDs	16	450	7200
Piano Midi, 48 LEDs	20	450	9000
Voltana 5	28	450	12600
NEOS 1	135	250	33750
Citrine LED	5	250	1250
Ponto, 3 LEDs	5	150	750
Terra Midi LED	6	550	3300
Lum. Bega Encastre de Parede <i>retrofit</i>	81 + 20 vidros	50+60	5250
Candeeiro Bega de Teto	18	50	900
Lum. 24208	15	375	5625

Lum. 55823	15	200	3000
Lum. 33054	2	250	500
ILUMup, 9 LEDs	4	250	1000
Coluna Troncocônica 6m, braço simples	17	400	6800
Coluna Troncocônica 6m, braço duplo	12	430	5160
Coluna Troncocônica 8m, braço duplo	18	550	9900
ILUMup, 9 LEDs	8	250	2000
Enyo, 3 LEDs	6	200	1200
NEOS 1, 24 LEDs	2	250	500
Terra Midi LED, 16 LEDs	4	550	2200
Ponto, 3 LEDs	6	150	900
Ponto, 3 LEDs	16	150	2400
			Total: 131.585

Com a implementação da iluminação arquitetural o retorno de investimento fica previsto para cerca de 15 anos.

Capítulo 6

Conclusão e Trabalhos Futuros

6.1 - Conclusão

É sabido que os custos ligados à iluminação pública são, nos dias que correm, um valor de bastante importância nos orçamentos e balanços económicos das autarquias, fazendo com que planeamentos de gestão racional sejam imperativos para o maior equilíbrio monetário dos municípios. A Faculdade de Engenharia é também exemplo disso, apesar de em menor escala.

O trabalho desenvolvido tinha como objetivo encontrar soluções para alcançar uma melhor eficiência energética, implementando medidas que afetassem positivamente o balanço energético e consequentemente uma redução das emissões de CO₂ para a atmosfera.

A elaboração do PDIP para a FEUP era então o próximo passo no sentido de criar uma estratégia para a iluminação pública da instituição, sendo também um exemplo a seguir pelas restantes faculdades e em maior escala nos municípios e localidades do nosso país, em que este tipo de documento não existe.

Depois de realizar o cadastro e a atualização da planta da rede existente, foram definidas diversas estratégias e perfis para potenciar o ambiente noturno da faculdade, com uma correta gestão dos recursos existentes e assegurando que as futuras intervenções na área da FEUP se encontrem de acordo com uma boa filosofia energética, estética e também ambiental.

Foram classificadas as diferentes vias e zonas de maior tráfego, definindo uma hierarquia na iluminação. A classificação e divisão por temperatura de cor segue também esse pensamento, preserva-se o conforto visual, numa área principalmente frequentada por pedestres, alunos professores e funcionários que contrasta com as vias de circulação de veículos em que a cor

O plano de gestão e manutenção prevê uma inspeção periódica da infraestrutura de iluminação, algo de grande necessidade nas instalações, em que se encontram instalados equipamentos de excelente qualidade que devem ser preservados, potenciando o seu tempo de vida com o maior nível de eficiência possível.

Depois da realização do PDIP, a realização de um projeto de requalificação era o próximo passo a dar e uma faculdade com o estatuto e mérito como a FEUP, merece uma iluminação adequada que sirva de exemplo a toda a comunidade estudantil e não só.

A realização do projeto de iluminação tinha como principal objetivo a iluminação dos espaços exteriores da FEUP, obedecendo ao PDIP e respeitando a filosofia do projeto de iluminação original, reduzindo o balanço energético existente e consequentemente a fatura energética. A modernização da tecnologia era imperativa assim como a alteração de vários aspetos que não fazem sentido nos dias que correm.

Este projeto representa uma poupança bastante significativa quando comparado com a instalação existente, isto não só pela utilização de tecnologias mais eficientes, mas também pela correta disposição de luminárias pelo espaço e redução de potência em vários pontos críticos.

Neste projeto foi desenvolvida uma filosofia de continuidade e coerência por todos os espaços, mas sem esquecer as suas peculiaridades, oferecendo um tratamento especial a vários locais de potencial interesse arquitetural. Obedecendo ao requerido no PDIP em que se deve preservar a qualidade de luz e não a quantidade.

Em suma, esta dissertação tem como base a sensibilização para a elaboração de documentos como o PDIP, fazendo da FEUP um modelo a seguir, tanto na componente de gestão de recursos energéticos e económicos, como promovendo uma iluminação de qualidade sem nunca desprezar a iluminação arquitetural.

6.2 - Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros a desenvolver pela FEUP identificam-se os seguintes tópicos:

- Atualização periódica do cadastro de luminárias presentes no exterior da FEUP;
- Reaproveitamento das luminárias LED presentes nos parques de estacionamento para iluminação do interior de pavilhões ou armazéns;
- Atualização periódica das plantas da faculdade.

Referências

- [1] Resolução da Assembleia da República n.º 33/2010. D.R 1ª série. 73 (2010-04-15)
- [2] Documento de referência Eficiência Energética na Iluminação Pública
- [3] Barbosa, F. Maciel, *Luminotecnica e Instalações Industriais*. Porto: FEUP 2013/2014
- [4] Neves dos Santos, José, *Noções Básicas de Luminotecnica*. Porto: FEUP 2007
- [5] Barbosa, F. Maciel, *Eficiência Energética na IP Documento de referência*. Porto: FEUP 2011
- [6] Barbosa, F. Maciel, *Tipos de Lâmpadas*. Porto: FEUP 2011
- [7] Características das lâmpadas de descarga,
<https://www.ledvance.pt/produtos/conhecimentos-sobre-o-produto/lampadas-de-descarga-de-alta-pressao/conhecimentos-profissionais/tecnologia-de-vapor-de-mercúrio/index.jsp>,
visitado a 28/12/2017
- [8] EDP - Distribuição, *Manual de Iluminação Pública*, 2010
- [9] Luminárias com lâmpadas de descarga de alta pressão,
https://paginas.fe.up.pt/~ee03096/index_ficheiros/Page704.htm, visitado a 23/12/2017
- [10] Ribeiro, Norberto, Oliveira, Marta, *Plano Diretor de Iluminação Pública - Centro Histórico de Caminha*
- [11] Ribeiro, Norberto, Oliveira, Marta, *Plano de Iluminação do Centro Histórico de Santarém - 1ª fase, desenho de iluminação*
- [12] Schréder, *Digital Lighting Solutions*, 2017
- [13] Schréder, <http://www.schreder.com/pt-pt/produtos/>, visitado a 10/12/2017
- [14] Bega, <https://www.bega.de/en/products/>, visitado a 13/12/2017
- [15] Vajão, Vítor, *Manual de Práticas de Iluminação*, 2015
- [16] Michalak, Rafael., *Iluminação Publica Planejada*, Faculdade Owsvaldo Cruz, Florianópolis, 2010.
- [17] Narboni, Roger, *La Lumière Urbaine*, Editions Le Moniteur, 1997

Anexos

Anexo A:

Project : ESTACIONAMENTO DE ESTUDANTES - FEUP



1. Fixtures

1.1. PIANO MIDI 32 LEDs 500mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 330172



Type	PIANO MIDI
Reflector	5102
Source	32 LEDs 500mA NW
Protector	Flat, Glass Extra Clear, Smooth
Setting	
Source flux	7,1 klm
G-Class	1

Luminaire wattage 52,0 W

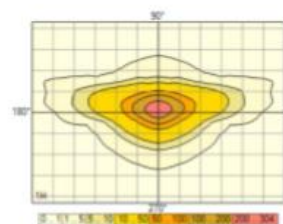
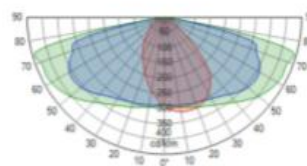
Source wattage 52,0 W

Efficacy 121 lm/W

Luminaire flux 6,278 klm

MF 0,80

Matrix 330172



1.2. PIANO MINI 24 LEDs 500mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 330052



Type	PIANO MINI
Reflector	5102
Source	24 LEDs 500mA NW
Protector	Flat, Glass Extra Clear, Smooth
Setting	
Source flux	5,3 klm
G-Class	1

Luminaire wattage 39,0 W

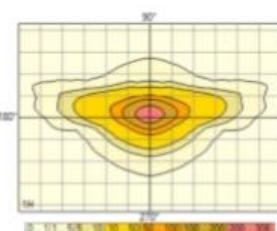
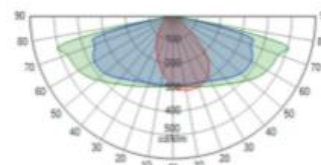
Source wattage 39,0 W

Efficacy 122 lm/W

Luminaire flux 4,772 klm

MF 1,00

Matrix 330052



3. Results

3.1. Grid summary

• ESTACIONAMENTO 1

S4 (IL : Min = 1,00 lux Ave = 5,00 lux)

1. Normal illuminance		Ave (A)(lux)	Min/Ave (%)	Min/Max (%)	Min (lux)	Max (lux)	
estacionamento1		11,7	50	33	5,9	17,6	✓

Figura 0.1 - Estudo de luz do parque de estacionamento de visitas

Anexo B:

1.1. PIANO MIDI 48 LEDs 500mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5120 331702



Type	PIANO MIDI
Reflector	5120
Source	48 LEDs 500mA NW
Protector	Flat, Glass Extra Clear, Smooth
Setting	
Source flux	10,7 klm
G-Class	6

Luminaire wattage 77,0 W

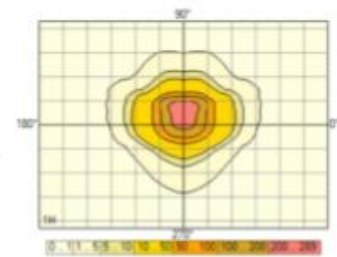
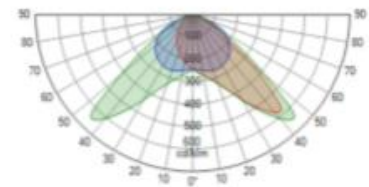
Source wattage 77,0 W

Efficacy 123 lm/W

Luminaire flux 9,456 klm

MF 1,00

Matrix 331702



1.2. PIANO MIDI 48 LEDs 500mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth, Lum. shape-related, Plastic, White 51



Type	PIANO MIDI
Reflector	5102
Source	48 LEDs 500mA NW
Protector	Flat, Glass Extra Clear, Smooth,
Setting	
Source flux	10,8 klm
G-Class	3

Luminaire wattage 77,0 W

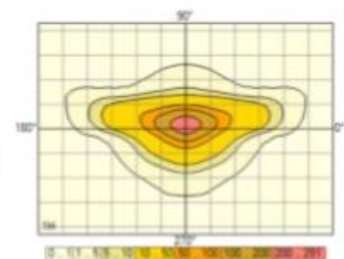
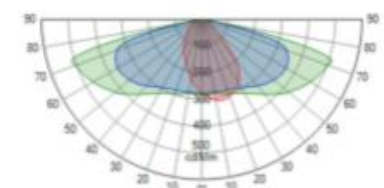
Source wattage 77,0 W

Efficacy 119 lm/W

Luminaire flux 9,128 klm

MF 0,90

Matrix 398852



3. Results

3.1. Grid summary

- Grid

S4 (IL : Min = 1,00 lux Ave = 5,00 lux)

1. Normal illuminance		Ave (A)(lux)	Min/Ave (%)	Min/Max (%)	Min (lux)	Max (lux)
PARQUE INESC		33,8	3	1	1,1	75,7



Figura 0.2 - Estudo de luz do Parque do INESC

Anexo C:

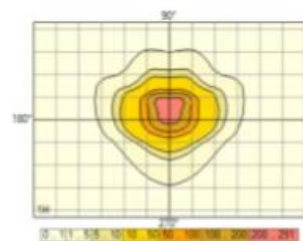
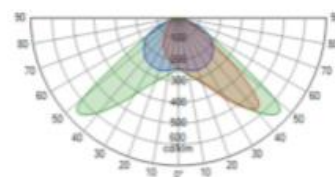
1. Fixtures

1.1. VOLTANA 5 64 LEDs 700mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5120 360812



Type	VOLTANA 5
Reflector	5120
Source	64 LEDs 700mA NW
Protector	Flat, Glass Extra Clear, Smooth
Setting	
Source flux	17,9 klm
G-Class	6

Luminaire wattage	145,0 W
Source wattage	145,0 W
Efficacy	110 lm/W
Luminaire flux	15,918 klm
MF	0,90
Matrix	360812



3. Results

3.1. Grid summary

- ESTACIONAMENTOS

1. Normal illuminance		Ave (A)(lux)	Min/Ave (%)	Min/Max (%)	Min (lux)	Max (lux)
Proposta_PARQUE_ALUNOS		40,0	15	8	6,0	79,2

Figura 0.3 - Estudo de luz do parque dos alunos

Anexo D:

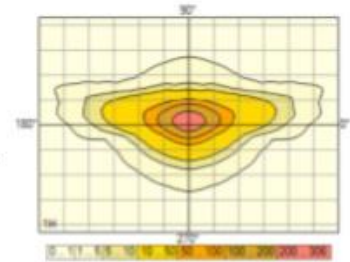
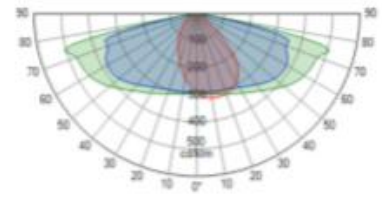
1. Fixtures

1.1. PIANO MINI 24 LEDs 500mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 330052



Type	PIANO MINI
Reflector	5102
Source	24 LEDs 500mA NW
Protector	Flat, Glass Extra Clear, Smooth
Setting	
Source flux	5,3 klm
G-Class	1

Luminaire wattage	39,0 W
Source wattage	39,0 W
Efficacy	122 lm/W
Luminaire flux	4,772 klm
MF	0,80
Matrix	330052



3.1. Standard summary

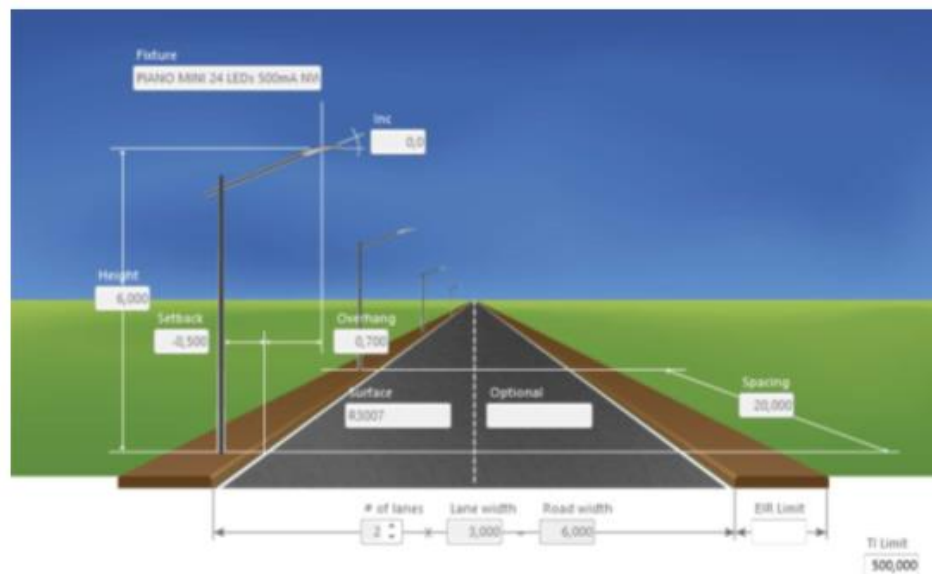
Calculations according to : CEN 13201 : 2015

Selected lighting class : M3

Constraints : LU : Ave = 1,00 cd/m² Uo = 40 % UI = 60 % UoW = 15 % TI : 15 EIR : 0,30

Selected lighting class (HS) : -

Constraints (HS) : -



3.2. Results

Power per km : 1,950 kW

- Road (LU) - M3

Luminance

Ave	1,37 cd/m ²	✓	1,00 cd/m ²
Min	0,54 cd/m ²	✓	
Uo	39 %	✗	40,00 %
UI 1	88 %	✓	60,00 %
UI 2	84 %	✓	60,00 %

- Values - M3

EIR	0,30	✓	0,30
TI	12	✓	15

Figura 0.4 - Estudo de luz do arruamento circundante

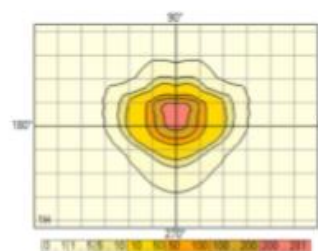
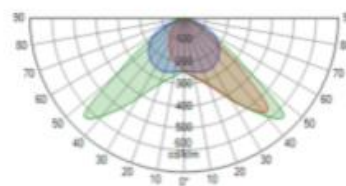
Anexo E:

1.2. NEOS 1 LED 24 LEDs 500mA WW Flat, Glass, Smooth 5120 331782



Type	NEOS 1 LED
Reflector	5120
Source	24 LEDs 500mA WW
Protector	Flat, Glass, Smooth
Setting	
Source flux	4,8 klm
G-Class	6

Luminaire wattage	38,0 W
Source wattage	38,0 W
Efficacy	106 lm/W
Luminaire flux	4,036 klm
MF	1,00
Matrix	331782



3. Results

3.1. Grid summary

- Grid

1. Normal illuminance		Ave (A)(lux)	Min/Ave (%)	Min/Max (%)	Min (lux)	Max (lux)
Configuration		3,8	11	6	0,4	7,6

- Grid (1)

1. Normal illuminance		Ave (A)(lux)	Min/Ave (%)	Min/Max (%)	Min (lux)	Max (lux)
Configuration		2,8	9	4	0,2	7,0

- Grid (2)

1. Normal illuminance		Ave (A)(lux)	Min/Ave (%)	Min/Max (%)	Min (lux)	Max (lux)
Configuration		4,2	6	3	0,3	7,6

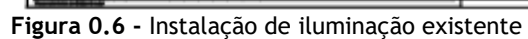
- Grid (3)

1. Normal illuminance		Ave (A)(lux)	Min/Ave (%)	Min/Max (%)	Min (lux)	Max (lux)
Configuration		6,1	4	1	0,2	17,4

- Grid (4)

1. Normal illuminance		Ave (A)(lux)	Min/Ave (%)	Min/Max (%)	Min (lux)	Max (lux)
Configuration		7,6	8	3	0,6	20,7

Figura 0.5 - Estudo de luz dos parques dos departamentos



Anexo G:

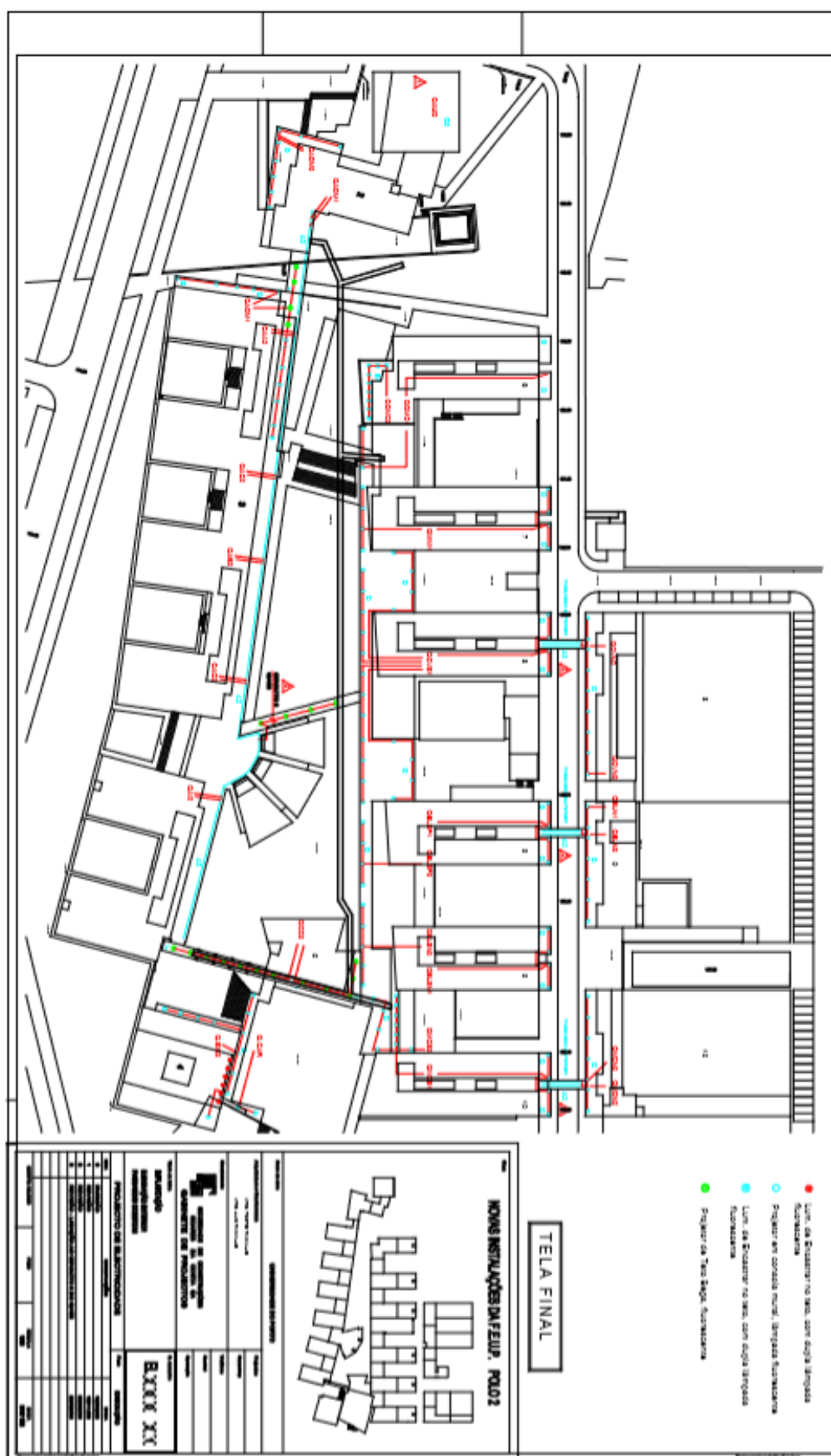


Figura 0.7 - Instalação de iluminação pública existente

Anexo I:

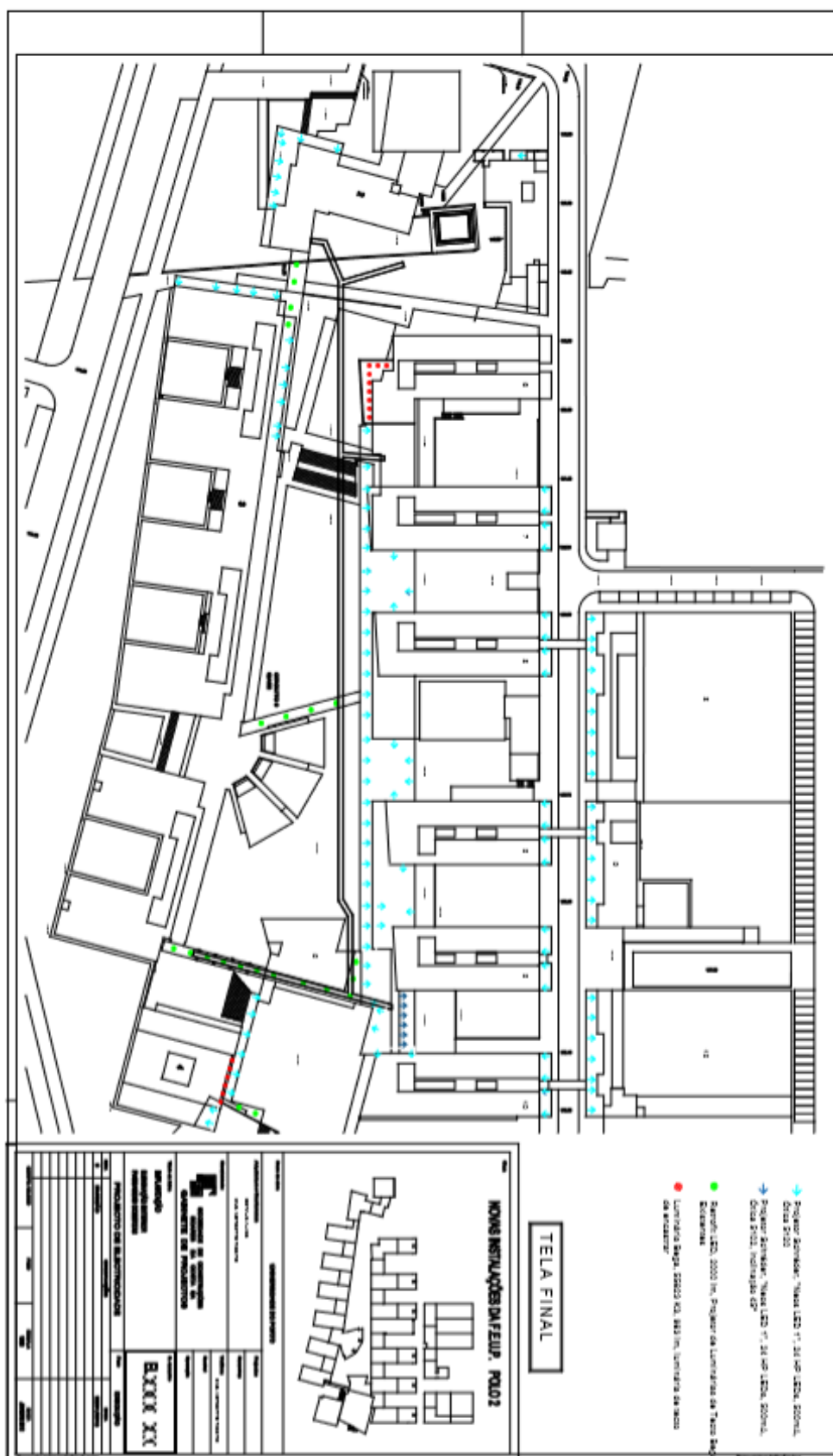


Figura 0.9 - Proposta de instalação de iluminação